

Juuso Erkkilä

Taloteknisen tietomallin informaatioisisältö kiinteistön ylläpitovaiheessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

2.1.2015

Tekijä Otsikko	Juuso Erkkilä Taloteknisen tietomallin informaatio- sisältö kiinteistön ylläpito- vaiheessa
Sivumäärä Aika	39 sivua + 1 liite 2.1.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	aluejohtaja, Ketola Janne lehtori, Tapio Jarmo
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää ylläpitovaiheen tietomallin informaatio- sisältöä. Tietomallien käyttö rakennushankkeissa on lisääntynyt merkittävästi viime vuosina. Tämän vuoksi tietomallien ja niiden sisältämän informaation hyödyntäminen myös rakennuksen käytön, hoidon ja ylläpidon aikana on alkanut kiinnostaa yhä enemmän kiinteistönomistajia. Ylläpitomallin informaatio- sisällön merkityksestä tai sisällöstä ei ole aikaisemmin tehty juurikaan tutkimuksia.</p> <p>Tietomalli on paikka, johon hankkeen aikana tuotettu informaatio tallennetaan jokaisen osapuolen toimesta. 3D-malli ei ole niinkään tietomallintamisen päätavoite, vaan se on pikemminkin tuotetun informaation tulos sekä selkeämpi tapa esittää suunnitelmat. Koska informaatioita kerrytetään koko hankkeen ajan, on sitä loppujen lopuksi saatavilla jopa liikaa.</p> <p>Työ on tehty tapaustutkimuksena, jonka kohteena on Kuopion Yliopistollisen sairaalan SÄDE-rakennus. Insinööriyö laadittiin Sweco PM Oy:lle, joka on ollut kiinnostunut tietomallintamisen hyödyntämisestä kiinteistön ylläpidon aikana. Tämän insinööriyön tavoitteeksi asetettiin selvittää, mitä informaatioita toteumamalleihin tulee sisällyttää. Aineistoa työhön on kerätty alan kirjallisuudesta sekä Kuopion sairaalahankkeissa mukana olleille sekä muille alan asiantuntijoille tehdyillä asiantuntijahaastatteluilla.</p> <p>Tuloksina saatiin selville, että tietomalli sisältää enemmän informaatiota, mitä siltä vielä osataan odottaa. Ylläpitomallin informaatio- sisällölle ei voida asettaa yhtä oikeaa vaatimusta. Hankkeen ja tietomallintamisen tason mukaisesti informaatio- sisällölle voidaan kuitenkin asettaa tietty tasovaatimus.</p> <p>Työn johtopäätöksenä esitetään, että informaation toiminnallinen minimi-informaatio, jota tarvitaan kiinteistön ylläpidossa, on selvitettävä hankekohtaisesti. Yksiselitteistä kaavaa ylläpitomallin informaatio- sisällölle ei siis ole, koska se riippuu kiinteistön omistajan tahtotasosta, päämääristä sekä ylläpito-ohjelmistosta. Yleisesti ottaen voidaan kuitenkin listata muutamia seikkoja, joita ylläpitomallissa tulee ehdottomasti esittää.</p>	
Avainsanat	tietomalli, ylläpitomalli, informaatio, talotekniikka

Author Title	Juuso Erkkilä The information content of a building service technology information model in the maintenance phase of property
Number of Pages Date	39 pages + 1 appendix 2 January 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Electrical Engineering for Building Services
Instructors	Ketola Janne, Area director Tapio Jarmo, Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to establish the information content of a building service technology information model in the maintenance phase of property. Hence, the goal for the project was to establish what kind of information is to be stored into the model.</p> <p>The case studied to establish the information content was the University Hospital of Kuopio's SÄDE-building. Appropriate literature was studied, and interviews were conducted with both the experts involved in the construction of the building as well as others with expertise in building information modeling.</p> <p>The project showed that a building information model consists of more information than either expected or utilized. Therefore it is not possible to establish a universal standard for the information.</p> <p>In conclusion, the information content of a building service technology information model needs to be established individually for each project. There is no unambiguous pattern for the information content, as it depends on the owner's choices and aims, and also on the maintenance software.</p>	
Keywords	building service technology, building information model, information, maintenance

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Tietomallintamisen vaiheet	3
2.1	Tarve- ja hankesuunnittelu.....	4
2.2	Ehdotussuunnittelu.....	5
2.3	Luonnossuunnittelu.....	5
2.4	Toteutussuunnittelu	6
2.5	Toteutuksen suunnittelu.....	7
2.6	Luovutus	8
2.7	Käyttöönotto	9
2.8	Käyttö-, hoito- ja ylläpitovaihe	9
3	Tietomallinnus talotekniikassa	12
3.1	Yhdistelmämalli.....	13
3.2	Talotekninen vaatimusmalli ja tilavarausmalli	14
3.3	Talotekniikan analysoinnit ja järjestelmämallit.....	17
3.4	Tietomallin hyödyntäminen talotekniikkasuunnittelussa.....	17
3.5	Taloteknisen tietomallin informaationsisältö	18
4	Informaationsisällön kehittyminen	21
5	Aineisto	23
5.1	Case: SÄDE-rakennus	23
5.2	Haastattelut	25
6	Tulokset.....	26
6.1	Tietomallista saavutettavissa oleva informaatio	28
6.2	Ylläpitomallin informaationsisältö.....	35
7	Päätelmät	36
	Lähteet	38

1 Johdanto

Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL (RIL.fi 2014) määrittelee tietomallin seuraavalla tavalla: ”Tietomalli on tuotteen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa.” Yleisten tietomallivaatimusten (YTV osa 11, 2012: 4) mukaan mallintamisella tarkoitetaan rakennukseen liittyvän informaation lisäämistä suunnittelusovelluksella. Yhdysvaltojen kansallinen tietomallistandardi (National Institute of Building Sciences 2007) taas määrittelee tietomallin (BIM, Building Information Modeling) seuraavasti: ”Tietomalli on digitaalinen esitys kiinteistön fyysisistä ja toiminnallisista ominaisuuksista. Se on informaation lähde, joka tarjoaa luotettavan pohjan päätöksenteolle koko prosessin elinkaaren ajan”. Nämä eri tahojen luomat määritelmät tietomallille voidaan nitoa yhteen ja todeta, että tietomalli on digitaalinen, koko rakenteen kattava tietopankki.

Insinööritöni aihe valikoitui työnantajani Sweco PM Oy:n toiveesta selvittää tietomallin ylläpitovaiheen informaationsisältöä. Sweco PM Oy:tä kiinnostaa erityisesti käytön ja ylläpidon aikaisen taloteknisen tietomallin informaationsisältö. Tässä työssä selvitän, mitä informaatiota tietomalliin tulee sisällyttää, jotta kiinteistöä voidaan käyttää tehokkaasti koko sen elinkaaren ajan. Käytän tällöin myös termiä *toiminnallinen minimi*, jolla tarkoitetaan ylläpitovaiheen tietomallin sisältämää kiinteistön käytön, hoidon ja ylläpidon aikana käytettävää tarpeellista informaatiota. Tällä hetkellä yksi merkittävimmistä ongelmista onkin informaatiotulva, jonka tietomalli voi aiheuttaa. Tietomalli saattaa sisältää niin paljon tietoa, että tarpeellinen tieto hukkuu tarpeettoman tiedon sekaan.

Tutkimuskysymykseni on siis, mikä on ylläpitovaiheen taloteknisen tietomallin informaationsisällön toiminnallinen minimi. Toiminnallisen minimin selvittämisessä ja tutkimisessa auttavat tutkimukseni apukysymykset: Mitkä rakenteet ja laitteet vaativat aktiivisia toimenpiteitä? Mitä informaatioita näiden rakenteiden ja laitteiden tulisi sisältää? Mitä informaatioita huoltomies tarvitsee?

Tietomallintamiselle Suomessa vaadittavia tasoja kuvaa BuildingSMART Finlandin vuonna 2012 laatimat yleiset tietomallivaatimukset (YTV 2012). Ohjeiden ja vaatimusten keräämisessä on ollut mukana lukuisia suomalaisia kiinteistönomistajia, suunnittelutoimistoja, ohjelmistotaloja ja muita rakennusalan yrityksiä. Ohjeissa esitetään yleiset suunnitteluvaatimukset tietomallille sekä täsmällisempiä ohjeita näiden vaatimuksien toteuttamiseksi.

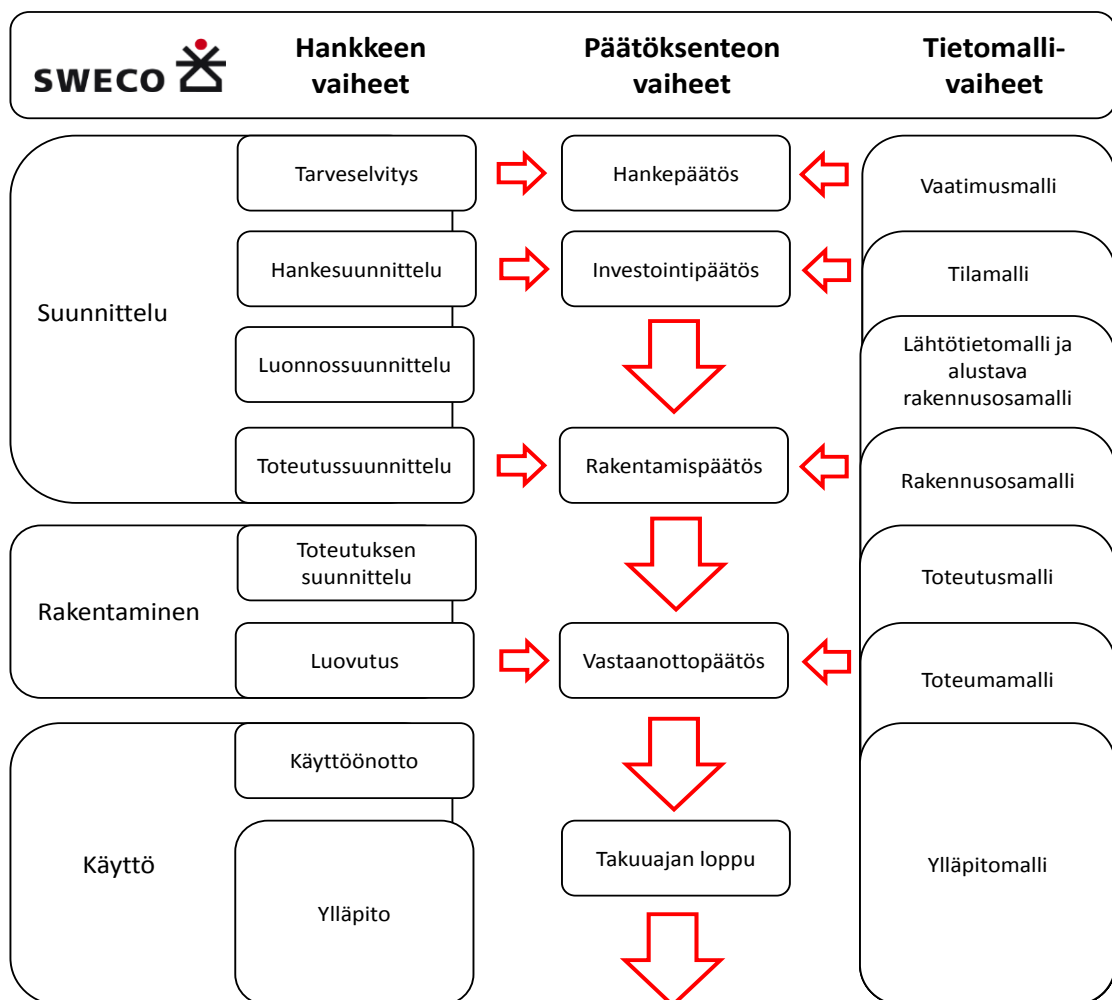
si. Vaikka YTV 2012 -ohjeet ovat kattavat, tietomallin informaation sisällön laajuutta ei ole ohjeissa tarkasti määritelty. Yleiset tietomallivaatimukset toimivat kuitenkin tämän työn yhtenä tärkeimpänä lähteenä, koska kyseistä aiheita ei ole käsitelty juuri missään muissa alan julkaisuissa.

Insinööritöni on rajattu taloteknisen ylläpitovaiheen informaation sisällön määrittämiseen ja tarkasteluun. Yleisten tietomallivaatimusten osassa 4 (YTV osa 4, 2012: liite 1) on esitetty talotekniikasta tuotettavien tietomallien vaadittua tietosisältöä. Ohjeet ovat kuitenkin vain yksi näkemys asiasta, jotka sisältävät ohjeistusta siitä mitä informaatioita objektien tulee sisältää kussakin suunnitteluvaiheessa. Tulenkin selvittämään case-esimerkin avulla, millaista informaatiota toteumamalleissa tulisi esittää.

Työn alussa esittelen hankkeen tietomallit vaadittuine sisältöineen hankevaiheittain, jonka jälkeen esittelen tarkemmin tietomallintamista talotekniikan suunnittelussa. Tämän jälkeen esittelen teoreettisen viitekehysten sekä sovellan teoriaa esimerkkikohteessa. Lopuksi esittelen tutkimukseni tulokset sekä tarkastelen tekemääni tutkimusprosessia.

2 Tietomallintamisen vaiheet

Projektinjohtollisesta näkökulmasta tietomallintamisen tehtävät voidaan jakaa kahdeksaan eri vaiheeseen johtamisen tehtäväluettelon mukaisesti. Seuraavissa kappaleissa esitelen nämä vaiheet ja niiden sisältämät yleiset vaatimukset. Kerron myös, minkälaisia tehtäviä projektinjohtolle kuuluu tietomallintamisen kussakin vaiheessa. Nämä kahdeksan vaihetta on syytä käydä läpi, koska ne selkeyttävät tietomalliprosessin kulkua aina hankkeen alusta ylläpitomalliin luomiseen saakka. Tavoitellessa toimivaa ja myöhemmin käytökelpoista ylläpitomallia, tulee tietomallinnuksen eri vaiheiden tehtävät suorittaa tarkasti määrättyllä tavalla. Kuviossa 1 on esitetty hankkeen tietomallirakenteen kulkua selventävä kuva.



Kuvio 1. Hankkeen tietomallit hankevaiheittain (Lehtovirta 2013, Sweco PM Oy)

Hankkeen edetessä täytyy pyrkiä siihen, ettei hankekohtaista tietoa huku lainkaan siirryttäessä suunnitteluvaiheesta toiseen. Edellisen sivun kuvassa on esitetty tietomallihankkeen hankevaiheen, päätöksentekovaiheen ja tietomallivaiheen tyypilliset riippuvuudet. Kuten kuvastakin käy ilmi, edellisen vaiheen tietomalli toimii aina seuraavan vaiheen tietomallin laatimisen lähtötietona.

2.1 Tarve- ja hankesuunnittelu

Tarveselvitysvaiheessa tunnistetaan ja perustellaan tilanhankinnan tarpeellisuus sekä määritellään projektin tavoitteet ja lopulliset päämäärät (Artto ym. 2008, 48). Tarveselvitysvaiheessa tilaajan tulee luovuttaa palveluntuottajan käyttöön toimeksiantoa koskeva lähtötietoaineisto. Aineisto voi olla kolmiulotteista, jolloin lähtötietomalli sisältää hankkeen suunnittelua varten oleellisen tiedon rakennuspaikasta tietomallimuodossa. Inventionomalli eli tontilla jo olemassa olevien rakennusten malli on osa lähtötietomallia. Myös pelkän tontin malli voi olla lähtötietomalli, mikäli se laaditaan ennen suunnittelutoimeksianton alkua. (YTV osa 11, 2012: 9.) Tontin yksityiskohtainen malli laaditaan kuitenkin usein suunnittelijan toimesta geosuunnittelijan tekemän pinta-vaituksen perusteella. Tätä vaihetta voi edeltää esimerkiksi kaupungilta saatava epätäsmällinen maanpinta- tai kallionpintamalli. Nämä ovat silloin myös osa julkaistavaa suunnitelma-aineistoa. (Valtonen 2014.)

Useinkaan tietomallilla ei kuitenkaan ole geometristä muotoa vielä tarveselvitysvaiheessa. Sen sijaan luodaan vaatimusmalli, joka voi yksinkertaisimmillaan olla taulukko- tai tietokantamuotoinen tilaluettelo, jossa on esitetty lähtötiedot suunnittelulle ja kustannuslaskennalle. (YTV osa 1, 2012: 11–12.) Vaatimusmalli sisältää tulevien tilojen vaatimukset, ympäristösertifikaatin vaatimukset, energian käyttö- ja ylläpitotavoitteet, tavoitteet rakennuksen hiilijalanjäljelle sekä rakennuspaikan asettamat tavoitteet (Valtonen 2014). Vaatimusmallia tulee ylläpitää koko hankkeen ajan, jotta jatkossa suunnitelmia voidaan verrata vaatimuksiin. Projektinjohto huolehtii alustavan vaatimusmallin laatimisesta, lähtötietomallintamisen hankinnasta sekä määrittelee hankkeen alkutilanteen havainnollistamisen. (YTV osa 11, 2012: 8.)

2.2 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnitteluvaiheessa etsitään karkealla tasolla olevista suunnitelmista sopivinta perusratkaisua. Tällöin on tärkeää, että kunkin suunnittelualan ajantasainen tietomalli on helposti muiden saatavilla esimerkiksi projektipankissa. Usein sovitaan, että ajantasaiset tietomallit toimitaan pankkiin aina ennen seuraavaa suunnittelukokousta. Ehdotussuunnitteluvaiheessa tilaaja ohjaa suunnittelua, vertailee vaihtoehtoja sekä valitsee yhdessä käyttäjän kanssa parhaan vaihtoehdon jatkosuunnitteluun. (YTV osa 1, 2012: 13.) Vaihtoehtojen vertailua varten luodaan tilamalli. Tilamalli sisältää tavallisesti tilat ja niitä rajaavat seinät. Tilamallista saadaan muun muassa tilaluetteloita suunnittelu varten, visualisointiaineistoa, energialuokkatavoitteet, simulointiaineistoa ja laajuustietoa. Talotekniikan osalta ehdotussuunnitteluvaiheessa laaditaan alustavat järjestelmämallit, joissa esitetään pääreitit, runkokeinot ja johtoreitit. (YTV osa 1, 2012: 13–14.)

Yksi tärkeimmistä ehdotussuunnitteluvaiheen tehtävistä on suunnitelmien havainnollistaminen. Havainnollistamisen avulla projektin eri osapuolet osaavat paremmin muodostaa yhteisen käsityksen suunnitelmavaihtoehtoista. Ehdotussuunnitteluvaiheessa havainnollistamiseen käytettävän tietomallin informaation sisältöä on vaikea määrittellä ennakkoon, joten sisältö määräytyy ja tarkentuu hankkeen edetessä. (YTV osa 1, 2012: 15.)

Ehdotussuunnitteluvaiheessa tietomallikoordinaattorin tulee järjestää mallien yhteensovittamistesti. Testillä varmistetaan eri suunnittelualojen koordinaattorien ja korektojen yhteensovittuvuus. Tietomallikoordinaattori voidaan nimittää hankkeeseen jo aikaisemmin esimerkiksi hankesuunnitteluvaiheessa. (YTV osa 1, 2012: 15.) Tietomallikoordinaattorin tulee olla riittävän pätevä henkilö, joka määrittelee, yhdessä projektinjohdon kanssa, tietomallinnustavoitteiden, -päämäärien sekä tietomallinnuksen käytön laajuuden (YTV osa 11, 2012: 7).

2.3 Luonnossuunnittelu

Luonnossuunnitteluvaiheessa aloitetaan ehdotussuunnitteluvaiheessa valitun perusratkaisun kehittäminen. Tilaaja osallistuu suunnitteluun ohjaamalla sitä ja hyväksymällä suunnitelmat toteutussuunnittelua varten. Tilaajan päätöksentekoa tukevat tietomallien mahdollistamat visualisoinnit ja erityyppiset analyysit liittyen energiaan, olosuhteisiin ja kustannuksiin. (YTV osa 1, 2012: 15.)

Arkkitehti lähtee kehittämään ehdotussuunnitteluvaiheessa valittua suunnitelmavaihtoehtoa alustavaksi rakennusosamalliksi. Luonnossuunnitteluvaiheen päättyessä arkkitehtimallin on sisällettävä tilojen lisäksi vähintään kantavat rakenteet, seinät päätyypeittäin, ikkunat ja ovet. Arkkitehtimallin tulee riittää rakennusluvan hakemiseen tarvittavien piirustusten generointiin. Rakennesuunnittelija varmistaa tietomallin avulla rakennejärjestelmän mitoituksen, sen vaatimukset ja vaikutukset muiden suunnittelijoiden työhön. Talotekniikan osalta mallin tulee sisältää runkokehän ja päärunoreittien lisäksi konehuonelaiteistot ja keskukset. Lisäksi suunnittelijoiden tulee varmistaa järjestelmien tilatarpeet esimerkiksi tilavarausobjekteja käyttämällä. (YTV osa 1, 2012: 15–16.)

Yleisten tietomallivaatimusten ((YTV osa 11, 2012: 14) mukaan tietomallipohjainen suunnittelu muuttaa hankkeen totuttuja suunnittelurytmiä. Toteutuneiden hankkeiden pohjalta on todettu, että erityisesti luonnossuunnitteluun tarvittava työmäärä sekä aika kasvaa. Tässä vaiheessa on kuitenkin hyvä muistaa, että yleissuunnitteluvaiheen tuloksena saatavat mallit sisältävät jo suurimman osan toteutussuunnitteluvaiheessa tarvittavasta tiedosta, jolloin toteutussuunnitteluvaiheen työmäärä pienenee.

2.4 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaihe ei menettelyiltään juurikaan eroa luonnossuunnittelusta, mutta tuotettavan tiedon tarkkuustaso kasvaa merkittävästi. Yleisten tietomallivaatimusten (YTV osa 1, 2012: 17) mukaan suunnitelmat tulee viimeistellä urakkatarjouspyyntöjen edellyttämään tarkkuustasoon. Jokainen malli tarkentuu lisäksi yksityiskohtaisilla tyyppitiedoilla hankkeen vaatimusten mukaisesti. Tässäkin vaiheessa tilaaja ohjaa suunnittelua sekä hyväksyy suunnitelmat. Vaiheen lopussa tilaaja hyväksyy toteutussuunnitelmat siinä laajuudessa, että niiden avulla voidaan tehdä urakkatarjouskyselyt ja näin ollen voidaan siirtyä rakennushankkeen valmisteluvaiheeseen.

Toteutussuunnitteluvaiheessa laaditaan rakennusosamalli, joka sisältää tilojen lisäksi mitattavat rakennusosat, jotka tulee luokitella Talo 2000 -nimikkeistön mukaan. Tilamallista tulee automaattisesti suunnitteluprosessin edetessä rakennusosamalli, johon kerätään ja luokitellaan tietoa koko suunnittelu- ja toteutusprosessin ajan. (Valtonen 2014.) Arkkitehtimalli toimii pohjana kaikkien muiden suunnittelualojen malleille. Rakennemallin ja taloteknisten mallien eli järjestelmämallien tulee vastata täysin arkkitehtimallia ja niiden tulee

täyttää tietomallivaatimusten osassa 5. *Rakennesuunnittelu* ja 4. *Talotekninen suunnittelu* määritellyt vaatimukset (YTV osa 1, 2012: 17).

Luonnos- ja toteutussuunnitteluvaiheessa suunnittelijoiden malleista tehdään yhdistelmämalli, jolla voidaan havainnollistaa suunnitelmia ja tarkastella suunnitelmien yhteensovivuutta. Yhdistelmämalli kootaan aina tarpeellisuuden perusteella. Toteutussuunnitteluvaiheessa yhdistelmämallille tehdään tarkka tarkastuskierros, jossa käydään läpi kaikki eri suunnittelualojen ristiriitaisuudet. Yhdistelmämallin laatii tietomallikoordinaattori, joka voi olla pääsuunnittelija tai ulkopuolinen konsultti (YTV osa 1, 2012: 10). Yhdistelmämallin laatiminen on tietomallikoordinaattorin vastuulla, mutta pääsuunnittelija vastaa siitä, että mallit tulevat yhteen sovitetuksi (Valtonen 2014).

2.5 Toteutuksen suunnittelu

Rakentamisen suunnitteluvaiheessa tehdään urakoitsijavalinnat sekä organisoidaan rakentaminen. Tässä vaiheessa urakoitsijalle voidaan luovuttaa käyttöön IFC-muodossa (engl. Industry Foundation Classes) olevia tietomalleja tai malleista otettuja määräluetteja sekä natiivimallit. IFC-muodossa luovutettuihin tiedostoihin liittyy vastuukysymyksiä, jotka pitää ottaa huomioon ennen niiden luovuttamista kolmannelle taholle. Urakkaohjelmaan tulee myös kirjata urakoitsijan tehtävät ja yksilöidyt velvoitteet tietomallipohjaisessa toteutuksessa. (YTV osa 11, 2012: 20–21.)

Kohteen analysoiminen ja työn suunnittelu on helpompaa kolmiulotteisten mallien, visualisointien ja muun tietomallista saatavan informaation avulla. Näiden avulla urakoitsijat pystyvät tutustumaan suunnitelmiin ja rakennuspaikkaan entistä paremmin. Tietomalleja voidaan hyödyntää myös työmaalla. Tällöin puhutaan muun muassa työn suunnittelusta ja aikataulutuksesta 4D-ohjelmistojen avulla, Mikäli tietomallia päätetään hyödyntää työmaalla saattaa se edellyttää erityisiä mallinnustapoja. (YTV osa 1, 2012: 19.) Kuten yleisissä tietomallinnusvaatimuksissa (YTV osa 1, 2012: 19) todetaan: ”Aikataulutuksen ja työn suunnittelun kannalta on oleellista että mallinnetaan niin kuin rakennetaan”.

Rakentamisen suunnitteluvaiheen jälkeen urakoitsijoiden tulisi tietää heidän tietomallintamistehkävät, niiden laajuus sekä velvoitteet koskien mallintamista. Vaiheen tuotoksena saadaan myös informaatiota urakkalaskentaa varten rakennus- ja rakenneosamalleista, järjestelmämallista sekä malleista johdetuista määräluetteloista. (YTV osa 11, 2012, 20–

21.) Tietomallien avulla voidaan tehostaa myös monia rakennusaikaisia prosesseja. Yleisten tietomallivaatimusten (YTV osa 11, 2012: 22–23) mukaan urakoitsija voi hyödyntää tietomalleja työmaalla esimerkiksi kokonaisuuden ja tilankäytön hahmottamisessa, työvaiheiden aloituspalavereissa, hankintatoimessa sekä lukuisissa muissa prosesseissa. Rakentamisen ohjausvaiheesta voidaan vastaanottopäätöksen jälkeen siirtyä luovutusvaiheeseen, josta kerron seuraavassa luvussa. 2.6 Luovutus.

2.6 Luovutus

Rakennus rakennetaan valmiiksi kaikkien asiakirjojen ja tietomallien osoittamalla tavalla. Rakentamisen ohjausvaiheessa varmistetaan, että hanke toteutetaan sopimustenmukaisesti, tietomallinnustehtävät suoritetaan, lopputulos on haluttu ja tavoitteet täyttävä sekä selvitetään tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet. (YTV osa 11, 2012: 22.) Toteutuksen laadunvarmistus perustuu ensisijaisesti suunnitelma- ja toteumatiedon keskinäiseen vertailuun. Geometrisestä mittatarkkuudesta varmistutaan vertaamalla toteumatietoa alkuperäiseen suunnittelu- tai toteutusmalliin työmaan valvontaorganisaation toimesta. Työmaavaiheessa syntyneet poikkeamat rakennusosa- ja järjestelmämalleihin ovat toteumamallin lähtötieto. (Valtonen 2014.)

Rakennuskohteen valmistuttua laaditaan toteumamalli. Toteumamalli sisältää rakennusosamallien toteutuksenaikaiset poikkeamat ja urakoitsijan tuotetiedot. Myös maa- ja pohjarakenteet ovat osa toteumamallia. Urakoitsijat toimittavat tarvittavat tarketiedot suunnittelijoille, mikäli urakoitsijalla ei itsellään ole valmiutta päivittää tietomallia toteutunutta vastaavaksi. Lisäksi urakoitsija on velvollinen huomioimaan tietotomallihankkeen toteumatiedon menettelytapojen mahdolliset eroavaisuudet muista totutuista menettelytapoista. (YTV osa 13, 2012: 19, 21.)

Toteumamallin tarkkuus tulee määrittää tapauskohtaisesti. Jos toteumamalliin tuotetaan erittäin tarkasti esimerkiksi eri järjestelmämalleihin syntyneet mittapoikkeamat, voi toteumamallin laadinnan kustannukset nousta hyvinkin paljon. Usein tarkoituksenmukaisinta on päivittää toteumamalliin vain käytön, ylläpidon ja tulevien korjausten varalta keskeiset poikkeamatiedot alkuperäisiin suunnitelmiin verrattuna. (Valtonen 2014.)

2.7 Käyttöönotto

Tietomallihankkeessa oleellisemmat rakennusvaiheessa tuotettavat asiat ovat toteumamallit ja huoltokirja (YTV osa 1, 2012: 20). Käyttöönottovaiheessa on vielä mahdollista jatkaa toteumamallin kehittämistä ylläpitomalliksi. Ylläpitomalli on toteumamallien yhdistelmämalli. Ylläpitomallista tulee saada helposti tarkkaa kappale- ja määrätietoa ylläpitosuunnittelun ja -hankinnan tarpeisiin. Hankkeissa on valmius ylläpitomallin hyödyntämiselle, mutta sen tekemisestä ja informaationsäilytyksestä päätetään hankkeen edetessä ja tilaajan toiveita kuunnellen. Riittävän tarkka toteumamalli on luotettavan ylläpitomallin edellytys. (Valtonen 2014.)

Mallipohjaiset huoltokirjat ovat kehittymässä, ja tulevaisuudessa ne ovat merkittävän ylläpidon työkalu. Tärkeintä projektin koko elinkaaren kannalta on, että toteumamalli on riittävän laadukas ja ajantasainen. Näin sitä voidaan käyttää huoltokirjan käyttöliittymänä. (Järvinen 2014.) Tällöin kaikki ylläpitotöissä tarvittava tieto on sidottu paikkaan ja tiedon saavutettavuus paranee. Tietomallia päivitetään jokaisessa hankevaiheessa siten, että tieto kumuloituu käyttöönottovaiheessa ajantasaiseksi ja paikkansapitäväksi huoltokirjaksi. Lisäksi tietomallia voidaan hyödyntää ylläpitovaiheessa myös tilojen hallinnassa ja palvelurakennuksen johtamisen apuvälineenä. Tavoitteena on, että tietomallia voidaan hyödyntää visuaalisesti tilojen olosuhteiden seurannassa ja palvelurakennuksen viestinnässä. (Valtonen 2014.)

2.8 Käyttö-, hoito- ja ylläpitovaihe

Takuu aika- ja ylläpitovaiheessa huolehditaan tietomallien siirrosta käytön ja ylläpidon aikaisiin järjestelmiin. Mallipohjaiset huoltokirjat ovat vielä kehittämissä, joten jokaisen osapuolen on täytettävä tilaajan asettamat normaalit huoltokirjoja koskevat aineistovaatimukset. (YTV osa 1, 2012: 20.) Tietomallit jäävät rakennushankkeen jälkeen tilaajan haltuun, ja niitä voidaan hyödyntää tarkkoina lähtötietoina mahdollisissa myöhemmin tehtävissä muutos- ja korjaustöissä. Tavoitteena on, että tietomalleja päivitetään aina kun kiinteistöön tehdään muutos- tai korjaustöitä. (YTV osa 11, 2012: 24.)

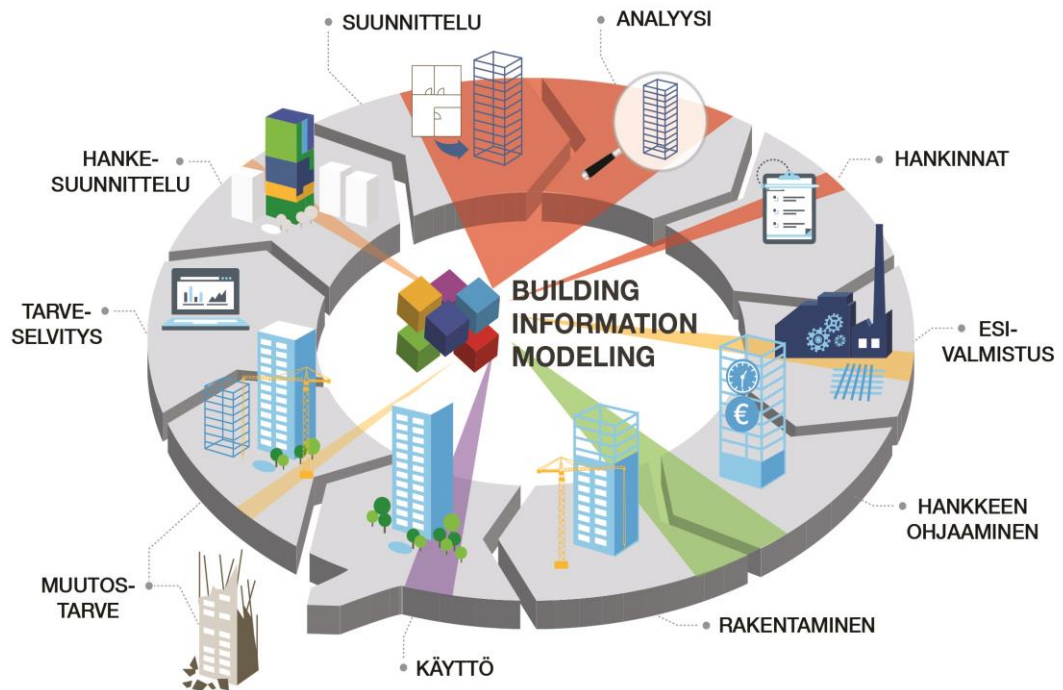
Tietomallipohjaisesta työskentelystä saadaan täysi hyöty vasta, kun tietomallia käytetään suunnittelun ja rakentamisen lisäksi rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana rakennuksen ensisijaisena tietokantana. Näin ollen on olennaista, että tilaajalla on käyttöoikeus täydel-

liseen tietomallipohjaiseen dokumentaatioon valmistuneesta kohteesta. Tilaajan on vaadittava tietomallien käyttöoikeudet jo suunnittelu- ja urakkasopimuksissa. (Valtonen 2014.)

Yleisten tietomallivaatimusten (YTV osa 12, 2012: 4) mukaan tietomallien hyödyntäminen kiinteistöjen ylläpidossa on puhuttanut jo kansainvälisesti. Avoimen tiedonsiirron standardiksi on vakiintumassa IFC-muoto ja se on yleistymässä vähitellen myös ylläpidon tiedonsiirrossa. Lisäksi IFC:n rinnalle on kehitetty toinen tiedonsiirron standardi COBie (engl. Construction Operations Building Information Exchange). COBie-standardin tavoitteena on helpottaa ja yhdenmukaistaa rakennushankkeen tietojen välittämistä suunnittelusta ja urakoinnista ylläpidon tarpeisiin. COBien käyttö ei ole kuitenkaan vielä yleistynyt Suomessa, mutta se on vahvasti käytössä muun muassa Isossa-Britannissa ja Yhdysvalloissa. (YTV osa 12, 2012: 4.)

Tietomallintamisen käyttö on tällä hetkellä keskittynyt vahvasti suunnittelu- ja analyysivaiheeseen. Kuten kuvasta 1 huomaamme, BIM-ympyrästä on katettu vain murto-osa. Tietomalleja hyödynnetään nykyään jo paljon suunnittelu ja rakentamisenvaiheessa, mutta vielä sen käyttö ei ole vakiintunut kaikkien toimijoiden perustyökaluksi. Mahdollisuuksia tietomallin käytölle voitaisiin kasvattaa vielä merkittävästi. Yksi suurimmista hyödyistä saavutettaisiin tietomallien käytöllä kiinteistön ylläpitovaiheessa, jolloin kiinteistönhoidon kannalta kaikki oleellinen informaatio olisi yhdessä paikassa helposti saatavilla tietomallista (Teicholz 2013). Lisäksi, kun tietomallintaminen otetaan hankkeeseen mukaan mahdollisen varhaisessa vaiheessa, voidaan suunnitteluratkaisut esittää tilaajalle selkeämmin ja näin ollen tilaajan päätöksenteko nopeutuu. Vaikka suunnitelmiin tulisi vielä muutoksia, olisivat sen vaikutukset kustannuksiin ja aikatauluun normaalia suunnittelua pienemmät. (Sabol 2013.)

KUINKA PALJON BIM-YMPYRÄSTÄ OLEMME KATTANEET?



Kuva 1. Sweco PM Oy:n näkemys tietomallien tämän hetkisestä (2013) käytöstä rakennushankkeen elinkaaren aikana (Valtonen 2013).

Kuvassa 1 on esitetty edellisissä luvuissa avaamani hankevaiheet ja tämän hetkinen tietomallien hyödyntäminen niissä. Kuten aikaisemmassa kappaleessa mainitsin, tietomallien käyttö ei ole vielä vakiintunut kaikissa hankevaiheissa käytettäväksi työkaluksi. Tietomallintamisen käyttöä on kuitenkin pyritty laajentamaan jatkuvasti. Esimerkiksi hankesuunnittelun ja käytön aikaiset tietomallin hyödyntämismahdollisuudet ovat kasvaneet merkittävästi jo tuon vuonna 2013 laaditun kuvan jälkeen.

Seuraavissa luvuissa esittelen tarkemmin taloteknisten tietomallien eli järjestelmämallien sisältöä ja vaatimuksia, kerron yhdistelmämallista, esittelen talotekniikan vaatimusmallia, tilavarausmallia sekä tämänhetkisen taloteknisen tietomallin informaatioisisältöä.

3 Tietomallinnus talotekniikassa

Taloteknisen suunnittelun rooli on ollut jatkuvassa nousussa, kun mitataan koko kiinteistön käyttöarvoa. Lisäksi muiden suunnittelun osapuolten tekemät ratkaisut, esimerkiksi arkkitehdin tilamassoittelu heijastuvat elinkaarivaikutuksiksi vasta talotekniikan järjestelmien kautta, esimerkiksi lisääntyneenä energiankulutuksena. Tietomallintamisen hyödyntäminen talotekniikan suunnittelussa on tuonut mahdollisuuden tukea päätöksentekoa projektin aikana sekä tuottamalla tarvittavaa tietoa nopeasti ja kattavasti. (Laine 2008, 6.) Hallittu päätöksenteko ja kommunikaation tukeminen suunnitteluryhmän sisällä sekä suunnittelijoiden ja tilaajan välillä ovat pääseikkoja, joihin kiinteistön tietomallien käytöllä myös pyritään (YTV osa 4, 2012: 7). Jokaisen hankkeen alussa tulee kuitenkin arvioida saadaanko, tietomallintamisella tuotettua hankkeelle lisäarvoa (YTV osa 11, 2012: 4).

Suunnitteluvaiheiden talotekninen tietomallinnus jakautuu kahteen eri osa-alueeseen. Ensimmäisen vaiheen eli ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheen tarkoituksena on tuottaa riittävä määrä tietoa arkkitehti- ja rakennemallin luomiseksi. Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa talotekninen suunnittelu ei kata koko kiinteistön kattavaa järjestelmämallia, vaan tarkoituksena on tehdä järjestelmävalintoja, palvelualuekaavioita ja tilavarauksia taloteknisille järjestelmille. Toisessa vaiheessa, toteutussuunnitteluvaiheessa, on tarkoituksena luoda koko kiinteistön kattavat järjestelmämallit. Yleis- ja toteutussuunnitteluvaiheessa sekä rakennusaikana ylläpidetään myös tietomalliselostusta. Selostuksessa kerrotaan, mitä objekteja on mallinnettu, millä tarkkuustasolla sekä tietosisällöllä. Tietomalliselostuksessa on syytä tuoda julki myös ne aihealueet, joita ei ole malliin mallinnettu. (YTV osa 4, 2012: 7–8.) Taulukossa 1 on esitetty taloteknisen tietomallin yleinen sisältö ja käyttötarkeitus kussakin tietomallivaiheessa. Taulukko on muokattu Yleisten tietomallivaatimusten yleisen osuuden liitteestä 1 (YTV osa 1, 2012: liite 1) sisältämään ainoastaan taloteknisen suunnittelun.

Taulukko 1. Taloteknisen tietomallin yleinen sisältö ja käyttötarkoitus (YTV osa 1, 2012: liite 1, tässä muokattuna painottuen pelkästään talotekniseen suunnitteluun).

Mallit	Talotekniikka mallin sisältö	Käyttötarkoitus
Vaatusmalli:	Tilojen talotekniset vaatimukset (sisäilmasto, valaistus, järjestelmä-tarpeet jne.).	Tilantarpeiden ja muiden vaatimusten dokumentointi strukturoidussa muodossa.
Inventiomalli:	Erityistapauksissa mallinnetaan talotekniset järjestelmät tarvittavassa laajuudessa.	Korjausrakentamisen lähtötilanteen dokumentointi.
Tilamalli:	TATE-järjestelmien palvelualueet, pääkaanvistot, -hormit, merkittäviä tilavaatimuksia aiheuttavat putkistot kaapelihyllyt ja muut tekniset järjestelmät sekä tekniset tilat.	Energiasimulointi ja tarvittaessa olosuhdesimulointi (järjestelmien mitoitusperusteiden selvittäminen). TATE-järjestelmävaihtoehtojen tutkiminen ja palvelualueiden määrittäminen.
Alustava järjestelmämalli:	TATE-järjestelmien palvelualueet, runkokaanavat, -putket ja keskuslaitteet, tyyppitilamalli	Määrätiedon halinta. Investointilaskenta. Energiasimulointi ja tarvittaessa olosuhdesimulointi (järjestelmien mitoitusperusteiden tarkentaminen).
Järjestelmä-/varausmalli (laskenta):	TATE-järjestelmien palvelualueet, keskuslaitteet, kanavistot, putkistot, päätelaitteet, keskukset, johtotiet, valaisimet.	TATE-järjestelmien määrittely. Määrätietojen tuottaminen. Energiasimulointi. Mallien käyttö urakkatarjousten liitteinä. Mallien käyttö reikä- ja varaussuunnittelun apuna.
Järjestelmä-/varausmalli (toteutus):	TATE-järjestelmien palvelualueet, keskuslaitteet, kanavistot, putkistot, päätelaitteet, keskukset, johtotiet, valaisimet.	Toteutussuunnittelu. Tiedot valmisosasuunnitteluun ja tuotannosuunnitteluun.
Toteumamalli:	Edellisen vaiheen tarkkustasoa vastaava malli päivitettynä toteutunutta vastaavaksi.	Tiedot huoltoon ja ylläpitoon, tilahallintaan, myöhemmän käytön suunnittelu.

Taulukkoon on koottu tietomallintamisen vaiheet tuotetun mallin mukaan (vaatusmalli, inventiomalli, tilamalli jne.), kunkin vaiheen tietomallin talotekninen sisältö ja vaatimus sekä mallin kulloinenkin käyttötarkoitus.

3.1 Yhdistelmämalli

Yhdistelmämallissa rakennuksen kaikki suunnittelualat (ARK, RAK, LVI ja SÄH) ovat yhdistettynä samaan tiedostoon. Yhdistelmämallin avulla voidaan havainnollistaa suunnitelmia ja tarkastellaan suunnitelmien yhteensopivuutta (YTV osa 4, 2012: 32). Yhdistelmämallin luominen on yleensä tietomallikoordinaattorin vastuulla, joka voi olla joko pääsuunnittelija tai ulkopuolinen konsultti (YTV osa 1, 2012: 18). Tietomallikoordinaattori tarkastelee esimerkiksi arkkitehti- ja rakennemallin vastaavuutta, tilavarausten riittävyyttä, TATE-järjestelmien törmäyksiä sekä yleistä mallinnuksen tasoa.

Yhdistelmämalli toimii ennen kaikkea visuaalisena työkaluna niin suunnittelijoille, kuin tilaajalle. Yhdistelmämallista pystytään tarkastelemaan esimerkiksi IV-päätelaitteen teknisiä tietoja. Kilkkaamalla päätelaitetta saadaan sen kaikki tiedot näkyville: kanavakoko, ilmamäärä, suunnitteluala, sijainti, korkeusasema jne. Yhteen objektiin voidaan sisällyttää tietoa rajattomasti. Luvussa 3.5 Taloteknisen tietomallin informaatioisisältö käsittelen asiaa enemmän ja selvitän muun muassa toiminnallista minimiä. Konkreettinen visualisointi yhdistelmämallin avulla tuo lisäarvoa suunnittelun eri osapuolille. Ongelmapaikat, jotka normaalisti huomattaisiin vasta työmaalla, saadaan selville jo suunnitteluvaiheessa. Tero Järvinen (2011) toteaa tietomalliblogissaan seuraavaa: ”Ilman yhdistelmämallia ei voida tuottaa suunnitelmia, jotka ovat keskenään ristiriidattomia.” Lausetta toki tulee tarkastella kriittisesti, koska suunnitelmat ovat harvoin täysin paikkaansa pitäviä. Yhdistelmämallin käytöllä voidaanakin havaita ja korjata suunnittelun aikaisia virheitä ja epäkohtia, jolloin välttyään suurimmilta rakennusaikaisilta ongelmilta.

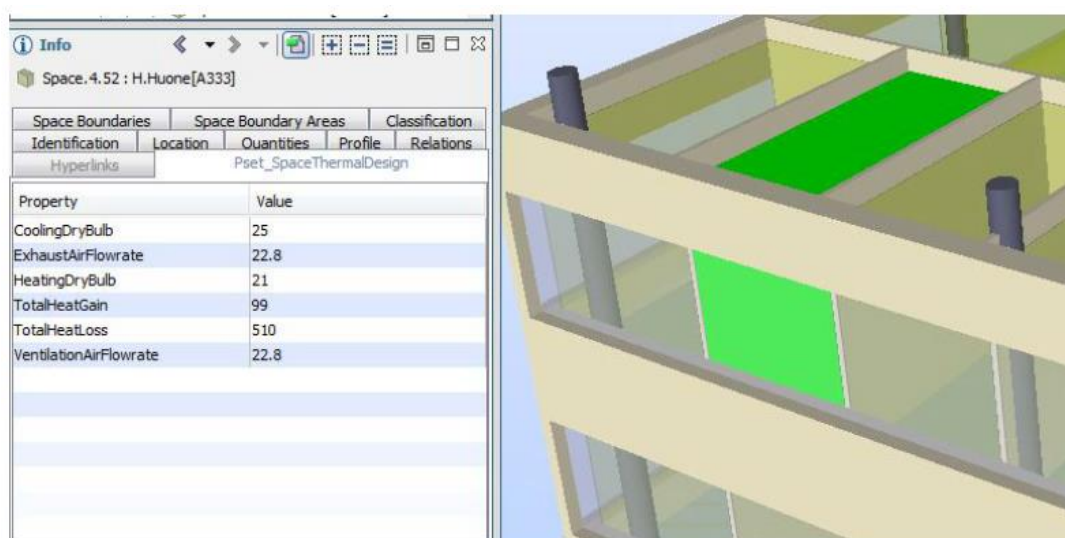
Yhdistelmämalli kootaan säännöllisin väliajoin tai etukäteen sovitun tarkastusaikataulun mukaan. Hankkeen tietomallikoordinaattori kerää jokaisen suunnittelualan IFC-tiedostot yhteen paikkaan ja tekee yhdistelmämallin käytössään olevalla ohjelmalla. (YTV osa 1, 2012: 10, 18.) Perttu Valtonen (2014) muistuttaa, että tietomallikoordinaattorin laatima yhdistelmämalli on vain yksi yhdistettyjen mallien versio – joskin ehkä virallinen sellainen. Tietomallikoordinaattorin laatiman yhdistelmämallin lisäksi jokaisen hankkeessa olevan suunnitteluosapuolen tulee olla kykenevä laatimaan tarpeen mukaan yhdistelmämalli omaa käyttöä varten. Asiaa voidaan miettiä LVI-suunnittelijan kannalta, jolloin LVI-suunnittelija laatii yhdistelmämallin, johon hän ottaa mukaan ajantasaisen arkkitehtimallin, sähkömallin sekä tietysti LVI-mallin. Tällöin suunnittelija voi itse tarkastaa ehdottamansa suunnitelmaratkaisun soveltuvuuden. (Valtonen 2014.) Yhdistelmämalli voidaan koota monellakin eri ohjelmistolla, joista esimerkkinä Solibri Model Checker, Tekla Bim-sight ja Navisworks. Sweco PM Oy on käyttänyt pääsääntöisesti Solibri Model checker -ohjelmistoa.

3.2 Talotekninen vaatimusmalli ja tilavarausmalli

Tietomallintamisen yleinen vaatimustaso määritellään jo suunnittelutarjouspyynnössä. TATE-vaatimusmalli voidaan toteuttaa, joko tietomalli- tai dokumenttipohjaisena (Forsblom 2013). Vaatimusmallin määrittämiselle on siis kaksi vaihtoehtoa. Yleisten tietomallivaatimusten (YTV osa 4, 2012: 12) mukaan tällöin on kyse eri tasoista: taso 1 on doku-

menttipohjainen TATE-vaatimusmalli ja taso 2 tietomallipohjainen TATE-vaatimusmalli, joiden perusajatukset selvitän seuraavassa kappaleessa.

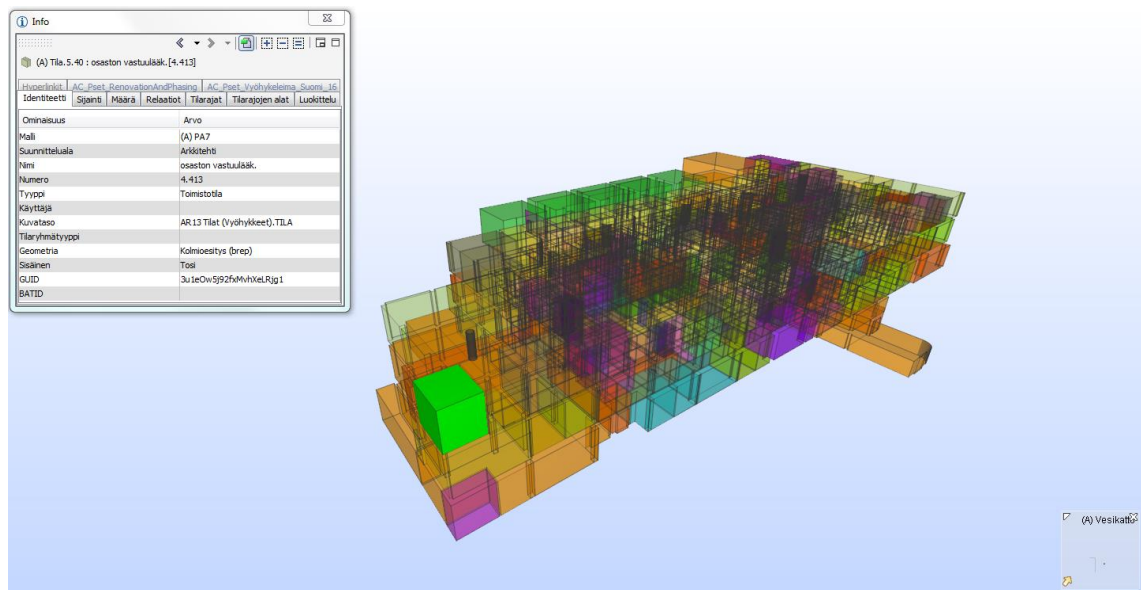
Dokumenttipohjaista TATE-vaatimusmallia, joka on yleisten tietomallivaatimusten mukainen minimivaatimus, voidaan hyödyntää monien tietomallipohjaisten analysointien lähtötietona, mutta vaatimustietojen siirtäminen tapahtuu manuaalisesti (YTV osa 4, 2012: 12). Tämä luonnollisesti kuitenkin hidastaa tiedonkulkua suunnittelun edetessä. Tietomallipohjaisessa TATE-vaatimusmallissa asetetut vaatimustiedot siirtyvät automaattisesti eteenpäin tietomallin avulla, jolloin samaan aikaan voidaan jatkuvasti seurata tavoitteenmukaisuuden täyttymistä. Tiedonkulku on siis huomattavasti nopeampaa tietomallipohjaista vaatimusmallikäytäntöä hyödyntäen. Kuvassa 2 on esitetty tietomallipohjainen vaatimusmalli, josta sisältää paljon hyvin oleellista dataa kiinteistön ylläpidon kannalta.



Kuva 2. Tietomallipohjainen vaatimusmalli. Tilojen vaatimukset ja energiasimulointien tulokset on siirretty tilaobjektiin omana ominaisuusjoukkona. (YTV, osa 4, 2012: 14.)

Taloteknisellä tilavarausmallilla pyritään ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa varaan taloteknisille järjestelmille riittävät tilantarpeet kiinteistöstä. Lisäksi tilavarausmallissa selvitetään teknisten tilojen vaatimat tilavarukset. Tietomallintamisen näkökulmasta tarkasteltaessa tilavaraukset voidaan jakaa kahteen ryhmään: 1. tilavaraukset ja tilat sekä 2. vaakasuuntaiset kerrosverkostot (YTV osa 4, 2012: 15).

Taloteknisten järjestelmien tilavarausten tarpeet tulee käydä arkkitehdin kanssa läpi normaaleilla suunnittelumetodeilla. Talotekninen suunnittelija arvioi tarvittavat tilantarpeet ja ilmoittaa niistä arkkitehdille. Yleissuunnitteluvaiheessa mallinnettavat vaakasuuntaiset kerrosverkostot mallintaa talotekninen suunnittelija. Kerrosverkostojen mallintamisella pyritään esittämään pääreittien sijainti ja geometria (YTV osa 4, 2012: 15–16). Kuvassa kolme on esitetty arkkitehdin tilaobjektit, jotka toimivat hyvin muun muassa taloteknisten järjestelmien tarkastelussa, kun halutaan tietoa siitä mihin mikäkin järjestelmä vaikuttaa.



Kuva 3. Näkymä KYS SÄDE-rakennuksen tietomallista, jossa esitetty vain tilavarukset. Valittuna vihreällä näkyy toimistotila, jonka nimi-tietona on osaston vastuulääkäri.

Yleissuunnitteluvaiheessa kiinteistöstä valitaan mallihuoneet tai -alueet, jotka mallinnetaan. Talotekniikan osalta mallinnetaan lähes kaikki suunnittelualaan liittyvät objektit niin, että voidaan varmistua niiden mahtumisesta kyseiseen huoneeseen tai alueeseen. Talotekniikkajärjestelmät voidaan mallintaa tarkasti vain silloin, kun arkkitehti- ja rakennemallit ovat riittävän tarkalla tasolla. Yleissuunnitteluvaiheessa luodaan myös ilmanvaihtokoneiden palvelualuekaaviot. Kun palvelualuekaavio luodaan tietomallipohjaisesti, voidaan saavutettua tietoa hyödyntää myös muissa sovelluksissa, kuten energia-analyysseissa (YTV osa 4, 2012: 17–19).

3.3 Talotekniikan analysoinnit ja järjestelmämallit

Talotekniikan tietomallintaminen voidaan jakaa kahteen pääryhmään: analysointeihin ja järjestelmämallinnukseen. Lisäksi talotekniikan tietomallinnusta voidaan jaotella vielä seuraavalla tavalla: visualisoinnit, TATE-tilatietojen hallinta, yhdistelmämallit, talotekniikan urakointi ja ylläpito (Laine 2008: 14).

Talotekniikan analysoinneilla pyritään varmistamaan rakennuksen tavoitteenmukaisuus sekä määrittämään järjestelmämallinnuksen lähtötiedot. Analysointien tärkein käyttö tapahtuu suunnittelun alkuvaiheissa, kun analysoidaan vaihtoehtoisia ratkaisuvaihtoehtoja. Tärkeimpiä talotekniikan analysointeja, joissa tietomallia voidaan hyödyntää, ovat muun muassa sisäilmaston olosuhdesimuloinnit, virtaussimuloinnit (CFD), energiasimuloinnit, elinkaaritarkastelut (LCC), ympäristövaikutustarkastelut (LCA) ja talotekniikan visualisoinnit (Laine 2008, 14, 18).

Tietomallia, joka sisältää talotekniikan järjestelmät, kutsutaan järjestelmämalliksi. Analysointimallinnuksessa määritetyt tilakohtaiset TATE-tarpeet toimivat järjestelmämallinnuksen pohjana. Järjestelmämalli laaditaan 3D-muodossa suunnitteluohjelman älykkäillä (tietoa sisältävillä) objekteilla. Mallintaminen tulee toteuttaa myös kerroskohtaisesti, jolloin verkostojen eri kerroksissa sijaitsevat osat on kytkettävä yhteen älykkäästi. Tällöin muun muassa järjestelmien mitoitus ja simulointi on mahdollista (Laine 2008: 27). Järjestelmämallista saatavia todellisia hyötyjä on: yhdistelmämallit suunnittelun yhteensovittamistarpeisiin, määrätiedot urakoinnin tueksi, havainnollistukset työmaata varten, reikä- ja varaussuunnittelu ja laitetiedot teknistä ylläpitoa varten (Laine 2008: 28).

3.4 Tietomallin hyödyntäminen talotekniikkasuunnittelussa

Hyödynnettäessä tietomallintamista talotekniikan suunnittelussa voidaan saavuttaa parempia lopputuloksia. Tietomallien avulla voidaan vertailla jäljellä olevia vaihtoehtoratkaisuja sekä parantaa suunnitelmien teknistä laatua (Laine 2008: 13). Lisäksi projektista ja hankkeesta riippuen mallista voidaan tehdä yhdistelmämalli, joka sisältää kaikkien suunnittelijoiden laatimat mallit. Yhdistelmämallin avulla voidaan tarkastella suunnitelmien yhteensopivuutta ja havainnollistaa suunnitelmia eri tahoille. Yhdistelmämallista voidaan tarkastella esimerkiksi tilavarauksia ja tilojen riittävyyttä, esimerkiksi miten taloteknisen järjestelmät sijoittuvat kiinteistön arkkitehtuuriin. Lisäksi voidaan tarkastella ta-

loteknisten järjestelmien keskinäisiä törmäyksiä eli tehdä törmäystarkastelu sekä varmistaa reikä- ja varaussuunnittelun laatu (YTV osa 4, 2012: 32).

Ketkä sitten hyötyvät eniten tietomallipohjaisesti tehdystä talotekniikan suunnittelusta? Tuomas Laineen (2008: 13) mukaan tietomallipohjaisesta suunnittelusta hyötyvät eniten rakennuksen omistaja-, loppukäyttäjä- ja rakennuttajatahot. Saavutettavia hyötyjä on useita, joista tärkeimpänä on varmasti luotettavampi suunnitteluprosessi. Tietomallipohjaisen suunnittelun avulla voidaan suorittaa nopeasti vaihtoehtotarkasteluja ja elinkaarianalyysijä, jonka vuoksi lopputulos on laadullisesti ja elinkaaritaloudellisesti parempi. Hankkeen ympäristövaikutuksia voidaan helpommin hallita kokonaisuutena. Lisäksi tietomallipohjaisella suunnittelulla lisätään projektin ohjausmahdollisuuksia helpommin ymmärrettävien visualisointien ansiosta, minkä ansiosta loppukäyttäjä voi aidosti vaikuttaa lopputulokseen. Lopuksi voidaan vielä todeta, että tietomallin käyttö ei rajoitu suunnitteluvaiheeseen, vaan mallia voidaan hyödyntää koko sen elinkaaren ajan. (YTV osa 9, 2012: 8–9.)

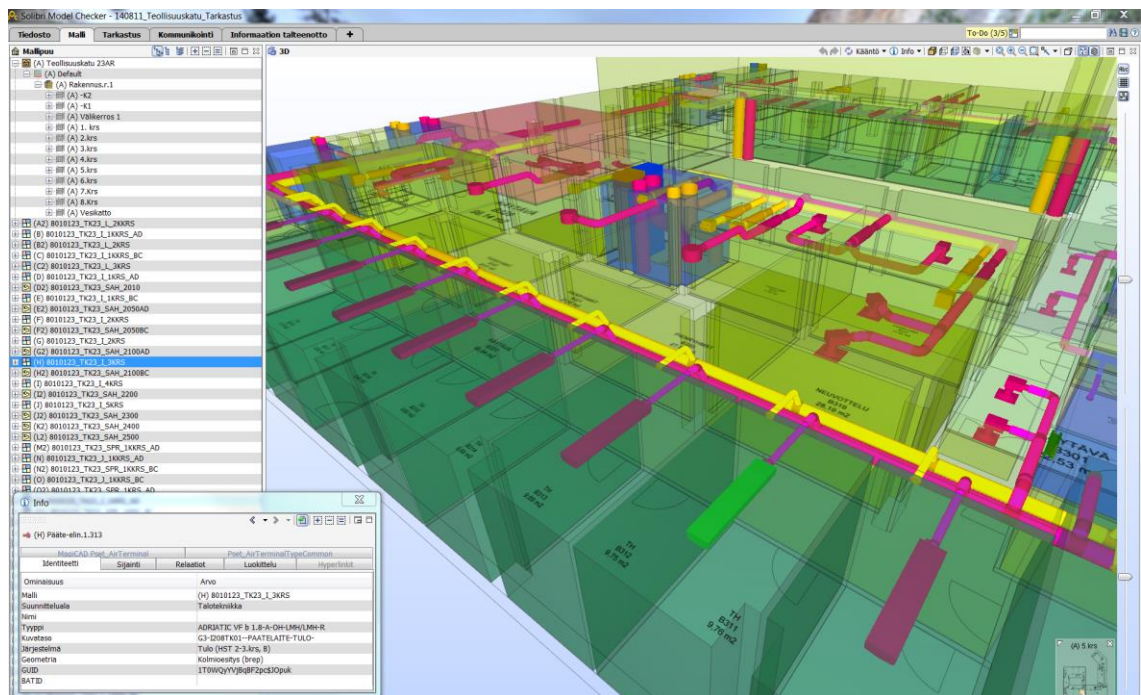
3.5 Taloteknisen tietomallin informaatioisisältö

Tietomallin informaatioisisällön laajuus riippuu aina siitä, mitä tavoitteita mallille asetetaan, miten mallia halutaan jatkossa käyttää hyödyksi ja myös siitä, mitä erikoisvaatimuksia tilaaja mallille asettaa. Se mikä on sellaista informaatioita, jota ylläpidon aikaisessa käytössä tarvitaan, on tämän insinööriyön keskeinen tutkimuskysymys. Esimerkkinä voidaan esittää, että ylläpidossa tarvitaan erityisesti tiedot järjestelmien huoltoa ja ylläpitoa vaativista komponenteista, kuten IV-päätelaitteista ja keskuslaitteista (Järvinen 2014).

Tietomallia voidaan tätä nykyä hyödyntää myös järjestelmätietojen ja TATE-tilatietojen havainnollistamisessa esimerkiksi sijainti-värikarttojen avulla. Tärkeimpiä taloteknisiä tavoitteita voidaan seurata laajemmin sekä tehokkaammin tietomallin avulla myös rakennuksen käyttövaiheessa. Seurattavia asioita ovat muun muassa olosuhteet, energiatehokkuus, sähkönkulutus, vedenkulutus ja esimerkiksi ympäristöystävällisyys. (Laine 2008: 37.) Jotta näitä malliin sijoitettuja tietoja pystyttäisiin tehokkaasti käyttämään hyödyksi, on oikeanlainen informaatio saatava tietomalliin oikea-aikaisesti. Seuraavassa kappaleessa on esitetty esimerkkeinä, minkälaista tietoa tietomalliin voidaan tällä hetkellä sijoittaa.

Tietomallin informaatioisisältö koostuu objekteihin sijoitetuista tiedoista. Mallin jokaiseen objektiin voidaan sisällyttää lähes rajaton määrä informaatioita. Esimerkkinä voidaan tar-

kastella seuraavalla sivulla olevan kuvan (kuva 4) pääte-elintä. Objektiin sijoitettuja tietoja on usein todella paljon, ja tällöin oikeanlainen tieto hukkuu informaatiotulvaan. Tästä esimerkistä voidaan poimia kaikista merkityksellisimmät tiedot: Identiteetti-välilehti: suunnitteluala (talotekniikka), tyyppi (ADAPT Cd 160-RO), järjestelmä (Tulo, toimisto 31). Sijainti-välilehti: kerros (R7 3. krs), ylin ja alin korkeusasema (3,09 m ja 2,80 m). MagiCAD-välilehti: valmistaja (Swegon AB), tuotetyyppi (COLIBRI CCa 250-600), kanavakoko (200 mm). Toivottavaa olisi, että tähän infotaulukkoon saataisiin kohta *ylläpito*, johon sisällytettäisiin ylläpitoon siirrettävät tiedot jo suunnitteluvaiheessa. Näin saataisiin helposti ylläpidossa tarvittavat tiedot mallista ilman informaatiotulvaan hukkumista.

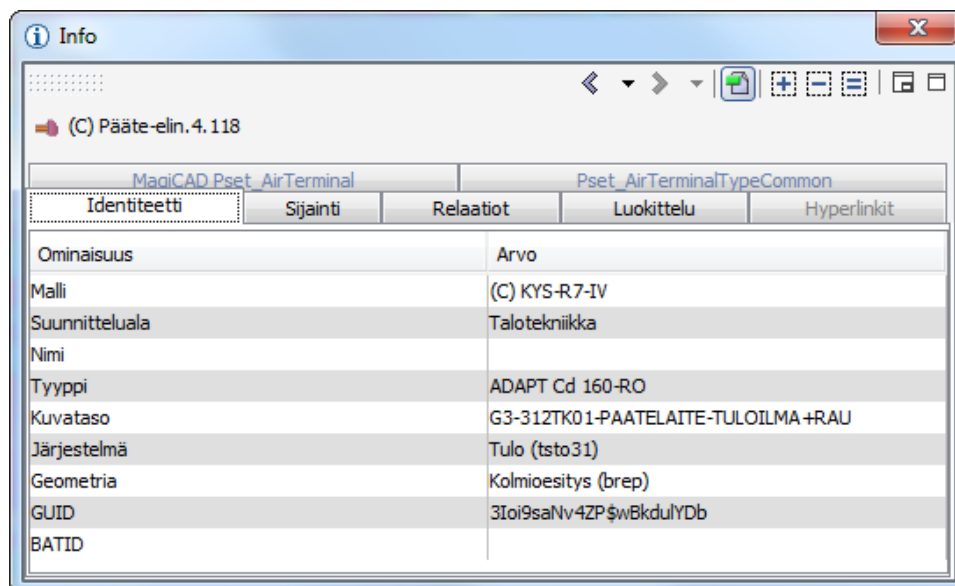


Kuva 4. Esimerkki tietomalliin sisällytetystä informaatioista (IV-päätelaitteen infotaulukko, sis. identiteetti, sijainti, relaatiot, luokittelu, MagiCAD-tiedot jne.)

Kuvassa on esitetty arkkitehdin tilaobjektit yhdestä kerroksesta. Lisäksi kuvaan on valittu LVI-järjestelmämallin IV-järjestelmiä (tulo sekä poisto). Hyödyntämällä arkkitehdin tilaobjekteja, voidaan havainnollistaa talotekniikan järjestelmien vaikutusalueita käyttäjäs-
tävällisesti.

Kuvassa 5 on esitetty *Solibri Model Checker* -ohjelman infotaulukko. Eri suunnittelualojen suunnittelijat sisällyttävät infotaulukkoon haluamaansa tietoa. Infotaulukon sisältämää sisältöä ei ole siis määritelty missään dokumentissa, ja usein se pitääkin sisällään paljon informaatioita, joista suurin osa on turhaa, ajatellen kiinteistön ylläpitovaihetta. Pyrin tässä

insinööriytyössäni selvittämäänkin, mikä tieto on oleellista kiinteistön ylläpidon kannalta. Jatkossa käytän tästä oleellisesta informaatioista nimitystä *tietosisällön toiminnallinen minimi* (Valtonen 2014).



Kuva 5. Pääte-elimien identiteettitiedot Solibri-ohjelmassa. Mustalla olevat välilehdet ovat Solibri-ohjelman tuottamia info-välilehtiä (identiteetti, sijainti, relaatiot, luokittelu, hyperlinkit).

Kuvassa 5 on esitetty aikaisemmin mainitsemani pääte-elimien info-taulukko. Mustalla näkyvät välilehdet: identiteetti, sijainti, relaatiot, luokittelu ja hyperlinkit. Näihin välilehtiin suunnittelija sijoittaa tärkeäksi kokemiaan tietoja. Yleisesti ottaen identiteetti-välilehti on kaikista tärkein, koska siitä selviää muun muassa, mihin järjestelmään kyseinen objekti kuuluu. Tässä tapauksessa pääte-elin on osa tuloilmajärjestelmään (tsto31). Samalla välilehdellä on myös esitetty pääte-elimien tyyppi (ADAPT Cd 160-RO).

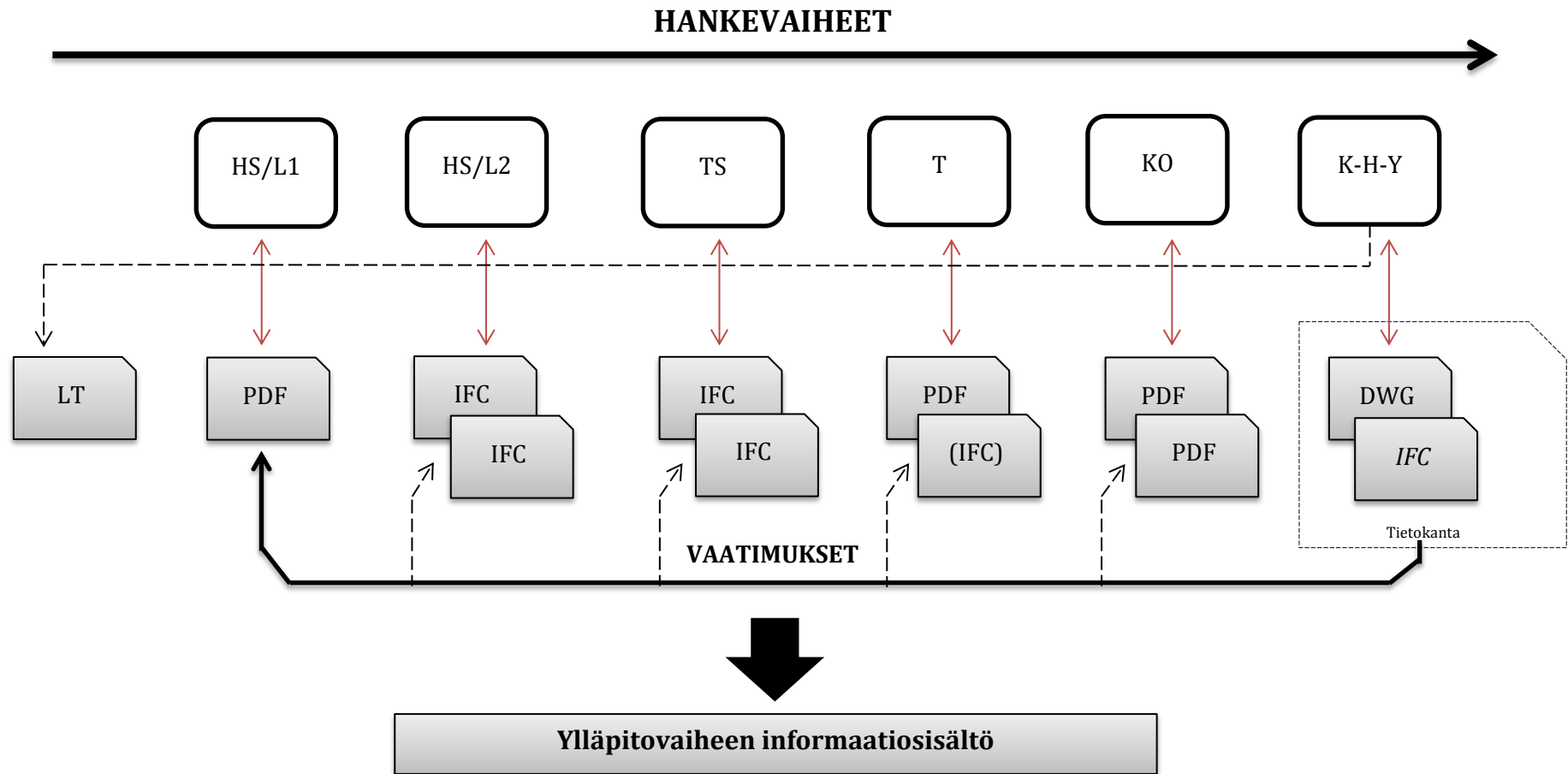
Kuvassa 5 on lisäksi esitetty MagiCAD-suunnitteluohjelmasta IFC-tiedoston konvertoinnissa suoraan siirtyneet tiedot tietomalliin (siniset välilehdet). *MagiCAD Pset_Air Terminal* / ja *Pset_Air Terminal Type Common* -välilehdet siirtyvät siis suoraan suunnitteluohjelmas- ta ja sisältävät ne tiedot, joita suunnitteluohjelman 3D-objektit sisältävät. Nämä välilehdet sisältävät yleensä runsaasti teknistä tietoa esimerkiksi *Connection size*, *Damper position*, *Product code*, *Sizing flow*. Infotaulukon avulla voidaan siis tarvittaessa vertailla muun muassa virtauksen suunniteltua ja toteutunutta arvoa.

4 Informaatiosisällön kehittyminen

Insinöörityöni teoreettisena viitekehyksenä käytän seuraavalla sivulla olevaa laatimaani kuviota 2. Olen laatinut tämän kuvion teoreettiseksi viitekehykseksi siksi, että se kuvaa hankevaiheiden ja niiden sisältämän informaation riippuvuutta toisistaan ja niiden vaikutusta lopputulokseen merkittävän hyvin. Teoriaosassa esittämäni hankevaiheiden tietomallitehtävät tähtäävät kuviossa olevaan lopputulokseen, joka on haluttu ylläpitovaiheen informaatioisisältö.

Kuviossa esitetään hankevaiheja, jonka alla on esitetty hankevaiheet: hankesuunnittelu (L1), hankesuunnittelu (L2), toteutussuunnittelu (TS), toteutus (T), käyttöönotto (KO) sekä käyttö, hoito ja ylläpito (K-H-Y). Jokaisen hankevaiheen alla on esitetty hankkeen tiedonsiirtotapa tällä hetkellä. Tiedonsiirtotavan esitys hankkeesta toiseen onkin kuvion 2 tärkeimmistä tehtävistä. Kuten kuviosta voidaan huomata, tämä tapahtuu nykypäivänä .pdf-, .ifc- sekä .dgn-formaatissa. Kuviossa voidaan myös huomata, että hankkeen vaatimukset ja lähtötiedot tulevat lähes poikkeuksetta käyttö-, hoito- ja ylläpitovaiheesta.

Kuten teoriassa olen esittänyt, hankkeen jokainen suunnitteluvaihe tulee tehdä oikein ja määrättyllä tavalla. Suunnitteluvaiheet ja niissä toteutettavat tietomallitehtävät tulee toteuttaa tarkasti, koska jokaisessa hankevaiheessa suunnittelun informaatioisisältö kasvaa ja jatkuu edellisessä vaiheessa tuotetusta tasosta. Toisin sanoen tietomalliin sidotaan kaikki suunnittelun aikainen informaatio, ja se on riippuvainen aina edellisen vaiheen informaatiosta. Tietomallin 3D-malli on vain esittämistapa, joka muodostuu jokaisessa hankevaiheessa tuotetusta informaatiosta. Kuviossa voidaan siis havaita, että kun jokaisessa hankevaiheessa informaation taso kasvaa, päästään lopulta hankkeessa asetettuun tavoitteeseen.



Kuvio 2. Hankevaiheja ja hankkeiden riippuvuudet toisiinsa sekä jokaisen hankevaiheen tuotoksena tällä hetkellä toteutunut tietosisältötaso. Samassa kuviossa on myös esitetty, että hankkeen vaatimukset ja lähtötiedot (LT) tulevat käyttö-, hoito- ja ylläpitovaiheesta.

5 Aineisto

Tässä luvussa esittelen insinööriyössäni toimivan case-esimerkin, selvitän hankkeen taustaa sekä avaan tekemiäni haastatteluja ja niiden toteutustapaa. Case-esimerkki toimii esimerkkitapahtumana, jota haastattelut tukevat. Käytössäni on ollut koko suunnitteluaineisto ifc-tiedostoista pdf-tiedostoihin. Pääasiassa olen kuitenkin käyttänyt hankkeessa tehtyjä tietomalleja ja tutkinut niiden sisältämää informaatiota. Case-esimerkin avulla selvitän, mitä informaatioita tietomallin tulee sisältää, kun tietomalli luovutetaan tilaajalle. Tarkoituksena on käydä case-tietomalli läpi YTV2012-tarkastuslomakkeiden sekä laatimani toiminnallisen minimin informaationsisältölistan mukaan (liite 1). Toiminnallisen minimin informaationsisällön selvittämiseen käytän apuna lisäksi haastatteluja.

5.1 Case: SÄDE-rakennus

Tämän insinööriyön case-esimerkkinä toimii Kuopion Yliopistollisen sairaalan SÄDE-rakennus. Hanke on laajuudeltaan noin 9 000 m², ja hankkeen kokonaisaikataulu sijoittuu välille 2012-2015. Hanke on toteutettu kokonaan tietomallipohjaisesti YTV 2012 -ohjeistuksen mukaisesti. Hankkeessa toimii seuraavat suunnittelijat:

- arkkitehti- ja pääsuunnittelu, Sweco Paatela Architects Oy
- rakennesuunnittelu, A-insinöörit Suunnittelu Oy
- LVIA-suunnittelu, Granlund Oy Kuopio
- sähkösuunnittelu, Airix Talotekniikka Oy
- geosuunnittelu, Pöyry Oy
- sairaalasuunnittelu, Granlund Oy.

Valitsin tämä kohteen case-esimerkikseni, koska toimin hankkeessa tietomallikoordinaattorina Sweco PM Oy:n palveluksessa. Tietomallikoordinaattorin tehtävien lisäksi tehtäviini kuuluu ylläpitomallin tietosisällön määrittäminen ja ylläpitomallin luominen.

KYS SÄDE -rakennushanke aloitettiin vuonna 2012. Tietomallintamisen aloittamisesta sovittiin vuoden 2013 keväällä. Hankkeen ensimmäiset tietomallit laadittiin tämän jälkeen. Ensimmäinen yhdistelmämallin visuaalinen tarkastus suoritettiin syksyllä 2013, minkä jälkeen yhdistelmämallia luotiin ja tarkastuksia suoritettiin määräajoin. Tietomallia pyrittiin hyödyntämään hankkeessa muun muassa suunnitelmien yhteensovittamisessa ja

laadunvarmistuksessa, energiasimuloinneissa sekä rakentamisvaiheessa. Työmaan perustaminen ja rakentaminen aloitettiin keväällä 2014, jolloin kuitenkin kävi ilmi, että urakoitsija ei tule käyttämään tietomallia hyväksi rakentamisen aikana.

Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri halusi hyödyntää tietomallia myös kiinteistön ylläpidossa. Tästä aiheesta ei ollut aikaisempia tutkimuksia juurikaan saatavilla, joten Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri tilasi selvityksen ylläpitomallin informaatioisisältöön liittyen Sweco PM Oy:ltä. Sweco PM Oy suorittaa selvityksen osana tietomallikoordinoititoimeksiantoa. Taavoitteena on luoda ylläpitomalli ja selvittää, mitä informaatioita ylläpitomalliin tulisi sisällyttää, jotta se toimisi kiinteistön ylläpidossa ylläpito-ohjelman tukena ja tulevaisuudessa mahdollisesti osana ylläpito-ohjelmaa. Tilaajan toiveena on, että tulevaisuudessa tietomallin tietosisältö voitaisiin sisällyttää suoraan kiinteistön ylläpito-ohjelmistoon avoimena IFC-tiedostona.

KYS SÄDE -rakennuksen tietomallintamisen tasoksi sovittiin yleisten tietomallivaatimusten mukainen taso kaksi. Yleisten tietomallivaatimusten mukaan (YTV osa 3, 2012: 7) taso 2 määräytyy seuraavalla tavalla:

”Käyttötarkoituksina ovat hanke- ja luonnosvaiheissa energia-analyysit, rakentamisen valmisteluvaiheessa rakennuspohjainen määrälaskenta; sijainti ja geometria on mallinnettu vaatimusten mukaisesti, rakennetyyppi määriteltä ja oikean niminen ja tuoteosat mallinnettu niin, että kappalemäärät ja muu oleellinen määrätieto saadaan tuotetyypeittäin mallista.”

Suunnittelutyössä käytettiin seuraavia ohjelmistoja:

- arkkitehtisuunnittelu, ArchiCAD
- LVIA- ja sähkösuunnittelu, MagiCAD
- rakennesuunnittelu, Tekla Structures
- sairaalasuunnittelu, AutoCAD Architecture.

Tietomallitarkastukset suoritettiin Solibri Model Checkerin versiolla 8.1. Tietomallitarkastuksissa havaitut huomiot toimitettiin suunnittelijoille sekä pdf-muodossa että bcfzip-muodossa. Yhdistelmämalli toimitettiin myös suunnittelijoiden tarkasteltavaksi. Lisäksi kaikki tietomallintamiseen liittyvät asiakirjat ja tiedostot tallennettiin projektipankkiin.

5.2 Haastattelut

Haastateltavinani on toiminut kuusi rakennusalan ammattihenkilöä, joista kolme on valikoitunut suoraan case-esimerkin tilaajan toimesta ja he vastaavat kohteen käytöstä ja ylläpidosta. Loput haastateltavistani olen valinnut heidän ammattitaitonsa vuoksi hankkeen ulkopuolelta. Ensimmäisen haastattelun tein tietomallintamisen kehitystapaaminen yhteydessä, jonka yhtenä aiheena oli tietomallin informaatioisisältö. Haastattelu suoritettiin ryhmähaastatteluna 10.6.2014 Sweco PM Oy:n tiloissa. Tapaamiseen osallistui rakentamisen, talotekniikan ja tietomallintamisen asiantuntijoita yhteensä viisi henkilöä. Seuraavan haastattelun suoritin 6.8.2014 Kuopion Yliopistollisen sairaalan tiloissa myös ryhmähaastatteluna, jossa runkona toimi informaatioisisältölista (liite 1). Haastatteluun osallistui KYS SÄDE -rakennuksen ylläpidosta, käytöstä ja huoltokirjasta vastaavat kolme henkilöä. Kukin haastattelu kesti noin kaksi tuntia.

Kirjoitin haastattelujen sisällön muistion muotoon, ja lähetin sen haastateltavilleni kommentoitavaksi. Muistion kirjaaminen oli ensiarvoisen tärkeää tietomallikoordinoinnin kannalta, koska tieto tuli saada järkevässä muodossa myös projektipankkiin. Keräämäni haastattelumateriaali on tärkeää toiminnallisen minimin selvittämisen kannalta, koska suurimmat vaatimukset ja määritteet tulevat suoraan tilaajalta. Näiden haastattelujen lisäksi suoritin kaksi erillistä haastattelua Sweco PM Oy:n tietomalliasiantuntijan kanssa 15.8.2014 sekä 24.9.2014. Kumpikin haastattelu kesti noin kolme tuntia, jona aikana tein tarvittavia muistiinpanoja.

Mainitsemani informaatioisisältölistan olen muodostanut käyttäen LVI2010-nimikkeistön (Rakennustieto, 2011) sekä S2010-sähkönimikkeistön (Sähköinfo, 2010) sisältämää tietoa. Informaatioisisältölistassa on listattu pääjärjestelmät, jonka alle on muotoiltu järjestelmän mahdollinen ylläpitovaiheen informaatioisisältö. Jokaisen informaation kohdalla on lisäksi kohta, joka voidaan arvottaa välille 1–5 (jossa 1 tarkoittaa turhaa tietoa ja 5 taas erittäin tärkeää tietoa). Haastattelua tehdessäni huomasin, että lista oli hyvä keskustelun ohjaustyökalu.

6 Tulokset

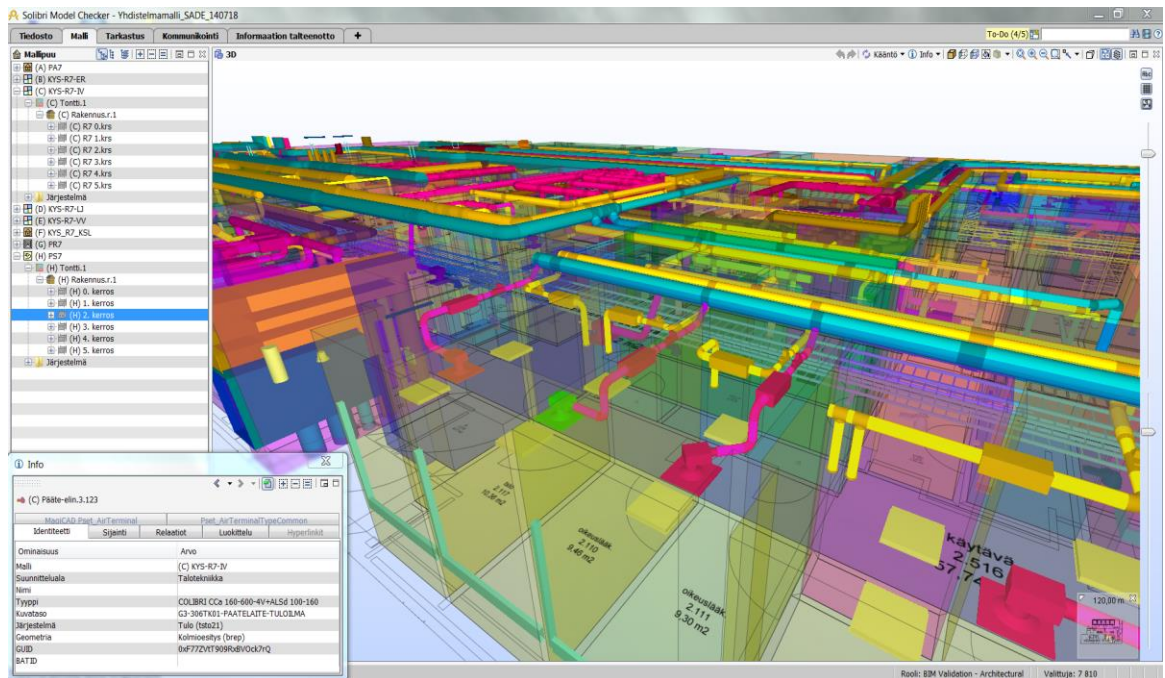
Tässä luvussa selvitän aikaisemmin esittelemäni SÄDE-rakennuksen esimerkin sekä haastattelujen avulla, mikä on kiinteistön käytön, huollon ja ylläpidon kannalta oleellista informaatiota. Tällöin on kyse jo aikaisemmin mainitsemastani tietosisällön toiminnallisesta minimistä. KYS SÄDE -rakennuksen ylläpitomallin tietosisältöä tuli selvittää tilaajan tarpeiden ja käytettävien ylläpito-ohjelmistojen kannalta. Tilaaja halusi käyttää nykyistä jo olemassa olevaa huoltokirjaohjelmaa, jolloin potentiaalinen tietomallien käyttö liittyy tietomallien tietosisältöihin eli tietomallien sisältämään informaatioon. Ylläpitomallin suora käyttö kiinteistön ylläpito-ohjelmistoissa edellyttääkin vielä sekä ohjelmistojen kehittymistä että toiminnallisen minimin kartoittamista.

Haastattelussa tilaajan edustajat (Lahti, Savolainen ja Siikström 2014) totesivat, että tällä hetkellä tietomallien suurin ongelma on tietomallien epätarkkuus. Olemassa olevia tietomalleja ei päivitetä riittävän usein, jolloin niiden sisältämä informaatio on vanhaa ja niiden uskottavuus kärsii. Kuten jo aiemmin tässä työssä selvitin, tämä tulee ottaa huomioon jo ennen urakoitsijavalintaa, sillä urakoitsijan tekemät muutokset verrattuna toteutussuunnitelmiin tulee saada päivitettyä toteumamalliksi. Lisäksi kun kiinteistöön tehdään isompia rakenne- tai taloteknisiä muutoksia, tulee muutokset saada päivitettyä ylläpitomalliin. Nämä muutokset on parhainta toteuttaa alkuperäisellä suunnittelijalla tuntitöinä, koska niiden sisällyttäminen suunnittelutarjouspyyntöihin voi nostaa merkittävästi suunnittelu- toimeksiannon kustannuksia (Valtonen 2014).

Informaatiosisältölista ei suoraan toimi tietomallin sisällön selvittämisessä, mutta se sisältää pääryhmät mahdollisista vaatimuksista, joita tilaaja ylläpitomallille asettaa. Tämän listan pohjalta saatiin seuraavat tilaajan esittämät ylläpitomallin vaatimukset:

- a. paikantamistiedot (esim. venttiilien vaikutukset valittuun järjestelmään)
- b. vaikutusaluekartat eri järjestelmistä
- c. järjestelmien tiedot (keskuksien/koneiden tiedot)
- d. tietomallissa palveleva järjestelmä kokonaisuudessaan näkyvissä
- e. vesikalusteella tulisi olla tieto lähimmästä vesisulusta
- f. erityisjärjestelmien objekteista, kuten rasvanerotuskaivosta enemmän tietoa

Kuvassa 6 on esitettyä otos KYS SÄDE -rakennuksen tietomallin toisesta kerroksesta sisältäen tilat ja talotekniset järjestelmät. Tietomallista voidaan helposti saada selville tarkasteltavan objektin koko järjestelmä ja sen sisältämä informaatio.



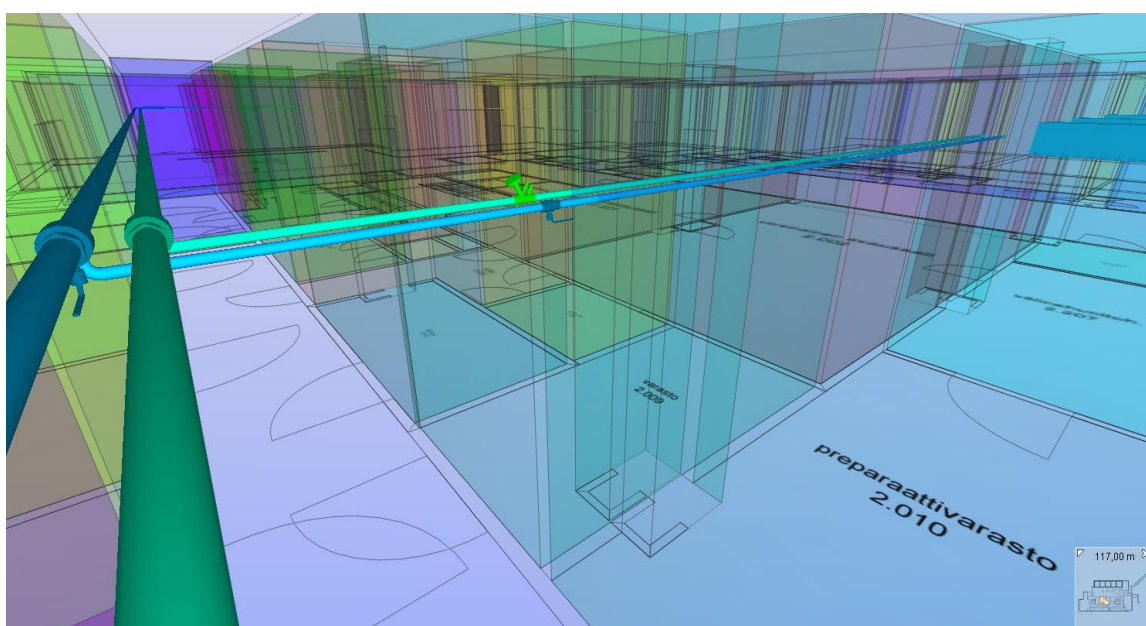
Kuva 6. Esimerkki SÄDE-rakennuksen tietomallin toisen kerroksen sisältämistä tila- ja järjestelmätiedoista.

Objektien järjestelmäkokonaisuuksia on helppo tarkastella, koska Yleisten tietomalliväimusten (YTV osa 4, 2012: 21, 28) mukaan talotekniset järjestelmät tulee laatia järjestelmittain. Esimerkkinä toimivassa kuvassa on valittuna tuloilmapäätelaite, joka on osa Tulo (tosto21) -järjestelmää. Tämän järjestelmätiedon avulla saamme tiedon myös sitä palvelevasta tuloilmakoneesta, jonka järjestelmätunnus on sama kuin kyseisen päätelaitteen.

6.1 Tietomallista saavutettavissa oleva informaatio

Edellisessä luvussa esittämäni KYS SÄDE -rakennuksen tietomallin informaationsisällön vaatimuksista suurin osa on jo nyt saavutettavissa oikealla tietomallien käytöllä. Tietomallista järjestelmittain saatava tieto on ensiarvoisen tärkeää, koska objekteja tullaan tarkastelemaan järjestelmittain, ei niinkään yksittäisinä objekteina. Yksittäisistä objekteista saatava informaatio ei ole relevanttia ajatellen kiinteistön ylläpitoa. LVI- ja sähköobjektien sisältämästä tiedosta tärkeimpänä voidaan pitää tietoa niitä palvelevasta keskuksista ja koneista. Esitettyjen vaatimusten ratkaisut ovat nähtävissä kuvina 7–13.

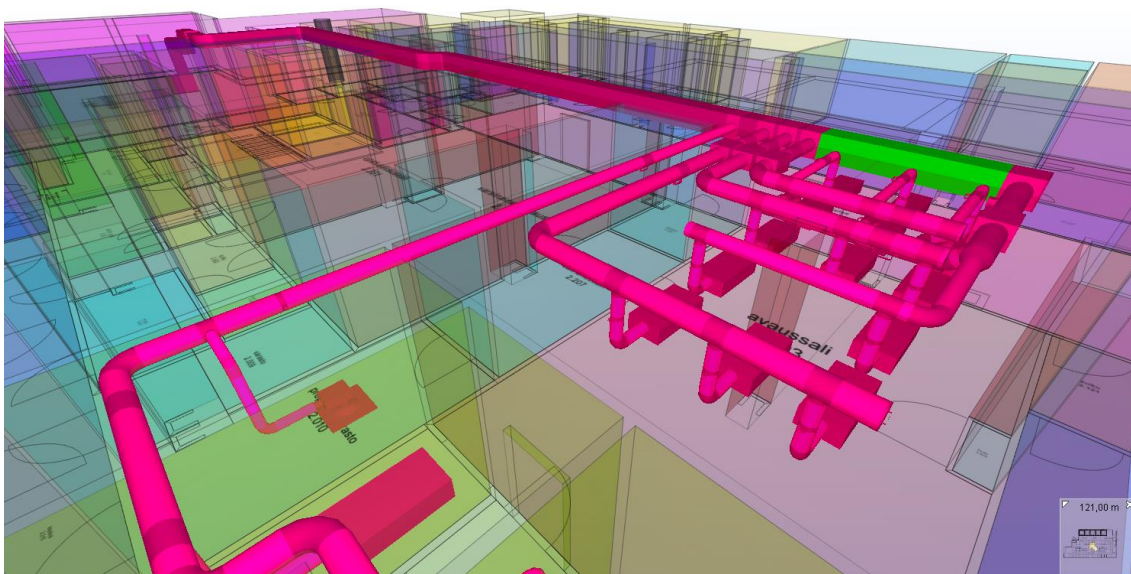
a. Paikantamistiedot (esimerkiksi venttiilien vaikutukset järjestelmään)



Kuva 7. Jäähdytysjärjestelmän venttiili (G4-401JT-venttiili) ja venttiilin vaikutukset järjestelmään.

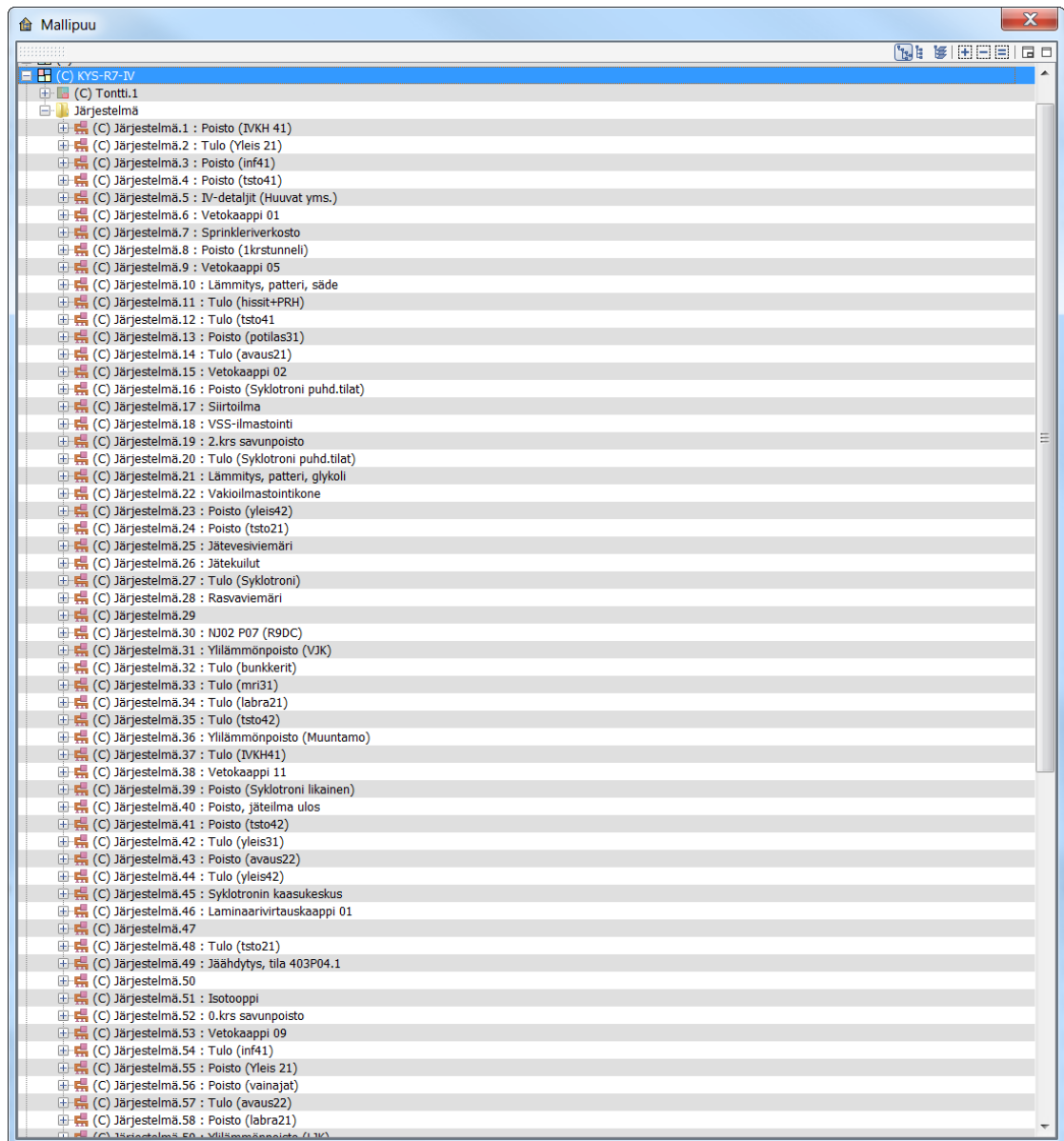
Kuvassa 7 on esitetty jäähdytysjärjestelmä ja sitä palveleva yksi venttiili. Järjestelmä voidaan valita kyseisen suunnittelualan järjestelmittain mallinnetuista järjestelmistä. Näin voidaan tarkkailla yhtä järjestelmää kerrallaan ja todeta kunkin venttiilin vaikutusalueet. Ongelmana on kuitenkin se, että kyseinen päätelaite ei tiedä kuuluvansa johonkin tiettyyn tilaan.

b. Vaikutusaluekartat eri järjestelmistä



Kuva 8. Avaussalin tuloilmajärjestelmä (ts. vaikutusalue).

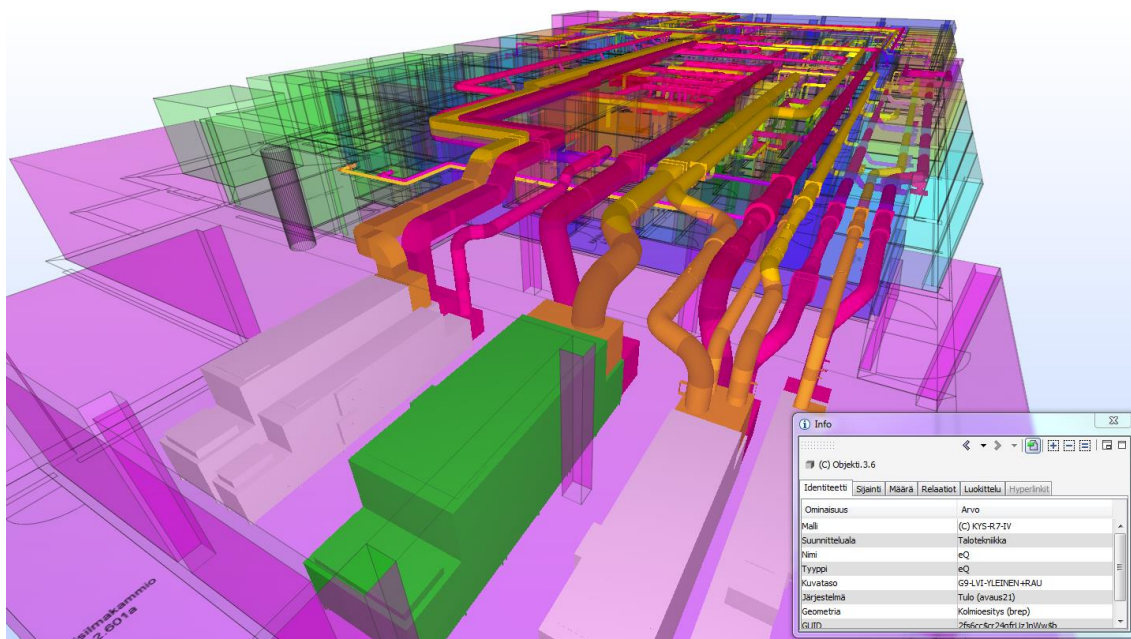
Kuvassa 8 on esitetty KYS SÄDE -rakennuksen toisen kerroksen avaussalin tuloilmajärjestelmä. Tarkasteltaessa yhtä järjestelmän päätelaitteista saadaan tieto sitä palvelevasta ilmanvaihtokoneesta. Mikäli päätelaitteessa on vikaa tai sitä joudutaan muuttamaan, saadaan palvelevan ilmanvaihtokoneen tieto suoraan objektista. Samalla kun valitsemme minkä tahansa järjestelmän, mistä tahansa talotekniikan suunnittelualasta (IV, vesi, lämmitys, erikoisjärjestelmät), saamme tiedon sen vaikutusalueesta. Mikäli vaikutusaluetta halutaan tutkia tarkemmin, voidaan esimerkiksi Solibri Model Checker -ohjelman avulla lisätä tarkasteltavan järjestelmän rinnalle kyseisen kerroksen tilat huonetyypeittäin värikoodattuna. Kuvasta 8 voidaan huomata, että tämä esitystapa havainnollistaa huomattavasti paremmin järjestelmän vaikutusalueen esittämistä.



Kuva 9. Talotekniikka on mallinnettu järjestelmittäin. Näin ollen jokaista objekta voidaan tarkastella osana omaa järjestelmäänsä.

KYS SÄDE -rakennuksen talotekniset järjestelmät on mallinnettu järjestelmittäin, kuten Yleisten tietomallivaatimusten (YTV osa 4, 2012: 10–11) mukaan kuuluukin tehdä. Kuvas-
ta 9 nähdään KYS SÄDE -rakennuksen IV-suunnittelun sisältämät osajärjestelmät. Jokainen osajärjestelmä on tarkasteltavissa erikseen. Osajärjestelmien tarkastelussa apuna voidaan käyttää tilaryhmittelyä, joka havainnollistaa järjestelmän palvelualueutta merkittävästi.

c. Järjestelmien tiedot (keskuksien/koneiden tiedot)

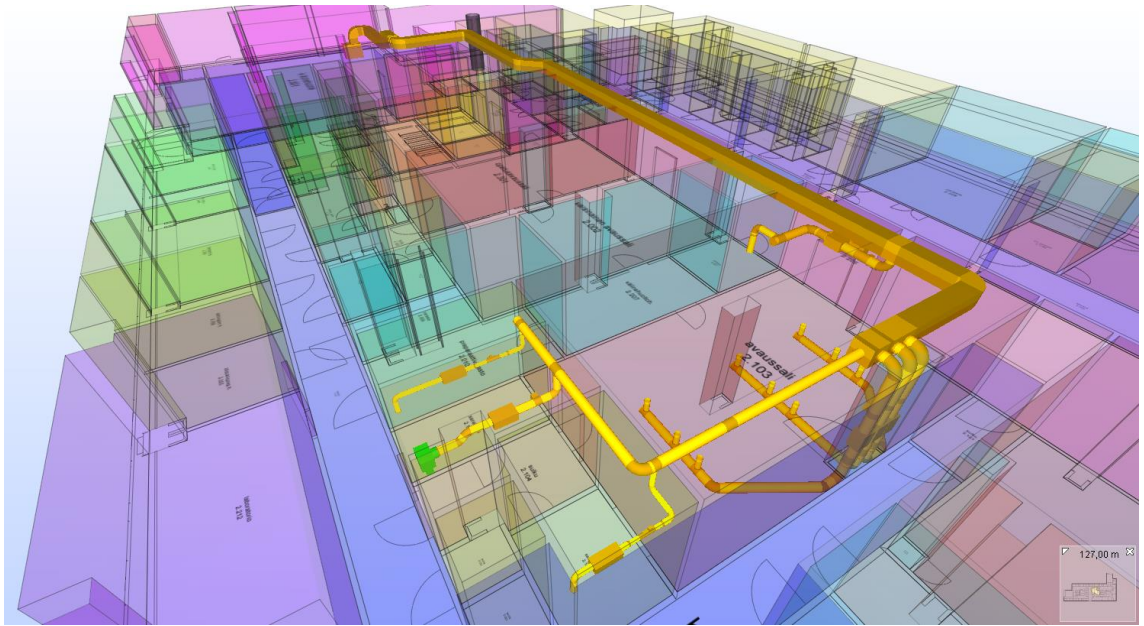


Kuva 10. Keskuksesta sijaitsee tieto siihen liittyvästä järjestelmästä. Keskuskohtaiset tekniset tiedot voidaan sisällyttää info-taulukon välilehdelle tilaajan haluamassa laajuudessa.

Kuvassa 10 on valittuna tuloilmakone (vihreällä), joka palvelee avaussalia 21. Järjestelmätunnukset ovat samoja sekä koneessa että sen kattamassa tuloilmajärjestelmässä. Tunnusten avulla saadaan objektia palvelevan koneen tai keskuksen tieto suoraan valitusta pääte-elimestä tai valaisimesta. Lisäksi keskuksat ja koneet sisältävät runsaasti tietoa kuten nimen, tyyppin, järjestelmän ja sijaintitiedon sekä paljon muuta. Näiden tietojen avulla voidaan määrittellä etäältä huolloissa tarvittava välineistö ja vaihdettavat osat esimerkiksi IV-koneen suodattimet.

Ilmanvaihtojärjestelmien lisäksi kuvassa on esitetty arkkitehdin tilaobjektit, jotka helpottavat järjestelmien havainnollistamisessa. Tilaobjekteja tarkastelemalla saadaan helposti selville kaikki tilasta tarvittavat tiedot esimerkiksi tilan nimi, pinta-ala sekä tilatyyppi. Tilat voidaan jakaa myös tyypeittäin. Jos esimerkiksi halutaan tarkastella vain pelkkiä konehuoneita, ne voidaan ottaa tarkasteluun pelkän tyyppitiedon avulla. Tämä helpottaa esimerkiksi, jos halutaan tarkastella konehuoneiden laitteiden ja järjestelmien välisiä eroavaisuuksia.

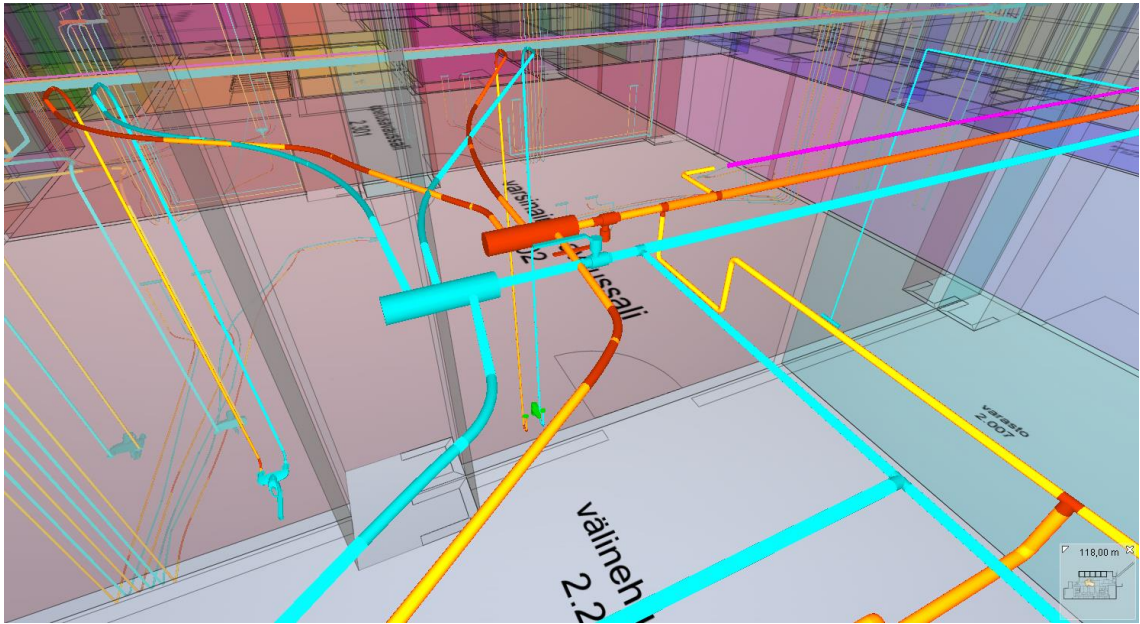
d. Päätelaitetta tarkastelemalla näkee koko sitä palvelevan järjestelmän



Kuva 11. Valitsemalla päätelaitteen saamme tiedon koko järjestelmästä (poistoilma avaus22) ja siihen sisältyvistä laitteistoista (G3-304PK01).

Tietomallista voidaan tilakohtaisesti valita haluttu päätelaite tarkastelun kohteeksi. Kun haluttu päätelaite on valittu, näkyy se vihreänä, kuten kuvassa 11 on esitetty. Valittu objekti sisältää tiedon sitä kattavasta järjestelmästä, jolloin kyseinen järjestelmä voidaan ottaa tarkasteluun kokonaisuudessaan etsimällä se, joko käyttämällä Solibrin etsintätyökalua tai valitsemalla se kyseisen suunnittelualan järjestelmistä. Näin saamme näkyiin objektia palvelevan järjestelmän kokonaisuudessaan.

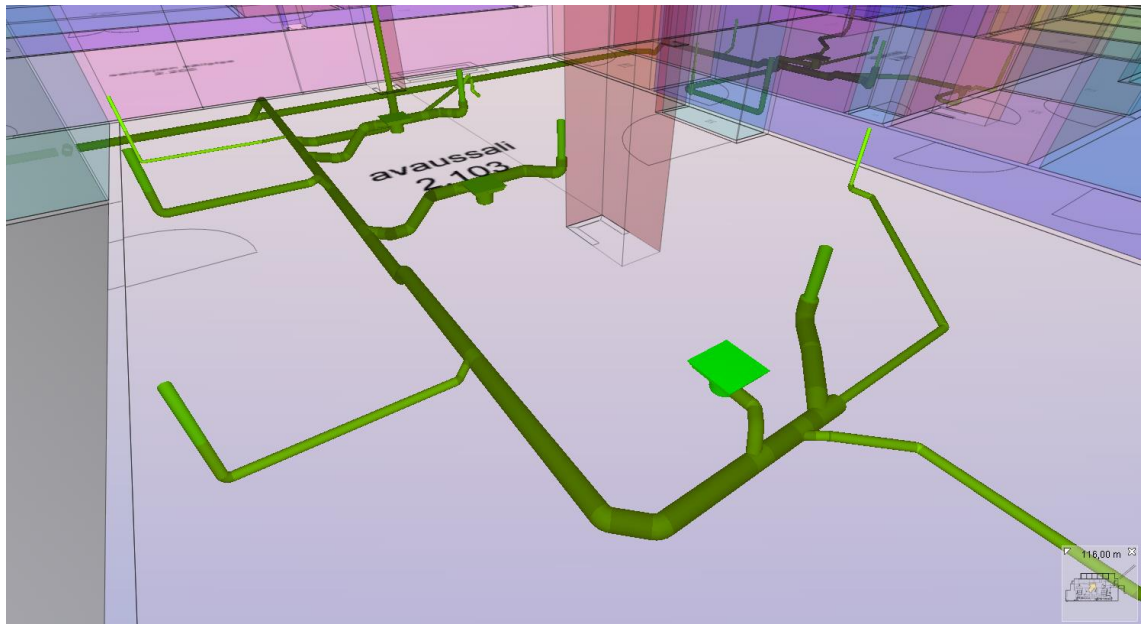
e. Vesikalusteella tieto lähimmästä vesisulusta



Kuva 12. Vesikalusteella tieto sitä kattavasta järjestelmästä, jonka kautta myös lähimmän sulun sijainti on selvitettävissä.

Tietomalliin tulee mallintaa myös vesikalusteet. Vesikalustetta tarkastelemalla voidaan selvittää sitä kattava järjestelmä, kuten aikaisemmissakin tapauksissa. Järjestelmästä voidaan visuaalisesti selvittää lähimmän vesisulun sijainti. Näin ollen voidaan esimerkiksi huoltotoimenpiteitä varten pysäyttää veden kulku vaadittavilta osin. Kuvassa 12 on esitetty käyttövesiverkoston vesipiste ja sitä palvelevat lähimmät sulkuventtiilit (venttiilit TA 500-15). Vesikaluste itse ei sisällä tietoa lähimmästä sulkuventtiilistä, mutta se on selvitettävissä tarkastelemalla kyseistä järjestelmää kokonaisuutena.

f. Erityisjärjestelmän objekteista (esim. rasvanerotuskaivo) enemmän tietoa



Kuva 13. Rasvanerotuskaivo, johon tulee sisällyttää tilaajan esittämät erityistiedot (määrittellään hankekohtaisesti).

Kuvassa 13 on esitetty rasvanerotusviemäri, joka on mallinnettu myös kokonaan omana järjestelmänään. Viemäri sisältää tällä hetkellä muun muassa seuraavia tietoja: tyyppi; ACO EC 400*400 DN 100, järjestelmä; rasvaviemäri sekä tarvittavat sijaintitiedot. Suunnitteluvaiheessa erityisjärjestelmiin tulisi sisällyttää tilaajan haluamat tiedot. Tämän vuoksi on hankalaa määrittää tarvittavaa informaationsisältöä, koska se riippuu niin paljon tilaajan tavoitteista ja käyttötarkoituksesta. Voidaan siis todeta, että tarvittava informaationsisältö tulee selvittää aina hankekohtaisesti tilaajan edustajan kanssa yhteistyötä tehden.

6.2 Ylläpitomallin informaatioisisältö

Aiemmin tässä työssä mainitsemani toiminnallisen minimin informaatioisisältölista toimi haastattelujeni keskustelun ohjaustyökaluna. Toiminnallisen minimitiedon avulla voidaan informaation määrä ja laatu rajata tietyn suuruiseksi. Informaatioisisältölistaa voidaan rajata aina hankkeen ja käytetyn tietomallintamisen tason mukaan. Lisäksi informaatioisisältölistaa voidaan käyttää tilaajan informaatioisisällön alustavien vaatimusten selvittämisen työkaluna jo hyvin aikaisessa vaiheessa. Koska haluttu ylläpitomallin informaatioisisältö riippuu aina tilaajan asettamista tavoitteista, kiinteistön ylläpito-ohjelmistosta sekä ylläpitomallin halutusta tasosta, on ylläpitomallin tarkempi informaatioisisältö selvitettävä aina hankekohtaisesti.

Toiminnallisen minimin informaatioisisältö lista pohjautuu LVI- ja sähkönimikkeistöön. Listassa on esitetty tarkasti valitsemani pääjärjestelmät otsikoittain sekä niiden mahdollisesti sisältämät informaatiot. Toivottavaa olisi, että järjestelmämallit mallinnettaisiin käyttäen LVI- ja sähkönimikkeistöjen järjestelmänimikkeitä ja numerokoodausta. Olen esittänyt listauksessa lisäksi mahdolliset informaatioisisällöt järjestelmittäin. Sähköjärjestelmässä olen esittänyt, että laitteiden tulisi sisältää muun muassa seuraavia tietoja: valmistaja, tyyppi, sähkönumero, komponenttityyppi, keskustunnus ja ryhmänumero, IP-luokka, järjestelmä, teho, liitintyyppi sekä toimintatapa. LVI-järjestelmistä taas kokosin seuraavanlaisen informaatioisisällön: valmistaja, toteutunut virtaus / suunniteltu virtaus, tyyppi, malli, teho, tilavuusvirta, kytkenä, painehäviö, LVI-koodi sekä äänitaso.

KYS SÄDE -rakennuksen edustajien kanssa käydyssä haastattelussa selvisi kuitenkin, että suurin osa ehdottamastani informaatioisisällöstä on turhankin tarkkaa. Mikäli haluttaisiin, että kaikki esittämäni tietosisällöt löytyisivät mallista, olisi järkevää, että tällöin tietomallin informaatioisisältö sulautuisi täydellisesti muuttumattomana käyttäjän kiinteistönhuolto-ohjelmaan. Lisäksi tietomallintamisen yleinen taso tulee olla lähes täydelliseen ylläpitomalliin tähtäävä. Tilaaja esitti, että jokaisen objektin tulisi sisältää ainakin järjestelmän päälaitteen tiedot (esimerkiksi valaisimessa tieto sitä palvelevasta keskuksesta). Liitteessä 1 on esitetty tarkemmin haastattelun aikana tehtyjen informaatioisisältölistan vaatimusten tulokset. Tulokset on yhdistetty haastattelijoiden mielipiteistä, jotka olivat linjassa keskenään.

7 Päätelmät

Tässä insinööriyössä selvitin taloteknisen tietomallin informaation sisältöä kiinteistön ylläpitovaiheessa. Tehtyjen haastatteluiden ja muiden aiheesta tehtyjen tutkimusten perusteella voidaan todeta, että tietomalli sisältää paljon enemmän tietoa, kuin siltä osataan vielä tässä vaiheessa odottaa. Yksi suurimmista haasteista onkin informaation aiheuttama tietotulva ja sen sieventäminen ylläpidon vaatimalle tasolle. Tietomallin sisältämälle informaatiolle ei voida kuitenkaan asettaa yhtä oikeaa sisältövaatimusta, mutta sille voidaan hakea tiettyä yhtenäistä tasoa. Informaation yleinen laatu määräytyy kuitenkin aina hankkeen ja tietomallintamisen tason mukaan.

Tuloksissa esitetty toiminnallisen minimin informaation sisältölista on hiukan liian tarkka. Ylläpitomallin tulisi sisältää tarvittava informaatio, mutta tietoakin voi olla liikaa. Ylläpitomallissa tulisi välttää informaatiotulvaa ja informaatio tulisi olla helposti nähtävissä ja käsiteltävissä. Tehtyjen haastattelujen perusteella voidaan todeta, että tietomallien sisältämät järjestelmäkohtaiset tiedot ovat yksi merkittävimmistä informaatioista ylläpidon kannalta.

Tietomallin sisältämä informaatio muodostuu ja tarkentuu koko hankkeen elinkaaren ajan. Suunnitteluvaiheiden aikana informaation taso kasvaa ehkä eniten, mutta rakentamisvaiheen jälkeenkin se vielä tarkentuu ja muuttuu. Ylläpidossa tarvittava informaatio määräytyy hankkeen laajuuden, tietomallintamisen tason ja tilaajan asettamien tavoitteiden mukaan. Lopullisen ylläpitomallin luonnissa on järkevää käyttää tietomalliasiantuntijaa, joka tarkastaa tuotetun informaation ja mallintamisen tason ja tekee tämän pohjalta ylläpidossa käytettävän ylläpitomallin.

Tekemääni tutkimusta tietomallin informaation sisällöstä voitaisiin jatkaa laatimalla toteutumamallista ja saaduista tuloksista ylläpitomalli. Ylläpitomalliin sisällytettäisiin case-esimerkkinä toimineen KYS SÄDE -rakennuksen tason mukainen ja toiminnallisen minimin mukainen informaatio. Ylläpitomalli saataisiin muokkaamalla toteutumamallia esimerkiksi SimpleBIM-ohjelmistoa käyttämällä. Ylläpitomallin tietosisältö voitaisiin ajaa avoimena IFC-tiedostona suoraan käytössä olevaan ylläpito-ohjelmaan. Tällä hetkellä tietomalleja ei kuitenkaan pystytä täysin hyödyntämään kiinteistön ylläpito-ohjelmissa, mutta jatkossa tietomallit tulee sulautumaan ohjelmistoihin ainakin tietosisältöjensä osalta. IFC-

tiedoston ja ylläpito-ohjelmiston yhteiskäyttöä tulisi selvittää tarkemmin omana tutkimuksenaan.

Ylläpitomallin toiminnallisen minimin selvittämisestä ei ole juurikaan tehty tutkimuksia. Joitakin tutkimuksia aiheesta on kyllä tehty, mutta ne liittyvät pääsääntöisesti Yhdysvalloissa tapahtuvaan suunnitteluun ja rakentamiseen. Suomessa ovat kuitenkin käytössä erilaiset vaatimukset ja säännöt rakentamisen jokaisella osa-alueella, joten tutkimuksia tulee soveltaa tarkkaavaisesti. Tämän vuoksi suurin osa tutkimuksessa käyttämästäni lähdekirjallisuudesta onkin suomalaisia julkaisuja. Toki käyttämäni kirjallisuutta olisi voinut verrata eri maissa toteuttaviin sääntöihin ja vaatimuksiin, millä kirjallisuuden laajuutta olisi pystynyt kasvattamaan. Pysyäkseen kuitenkin insinööriyön laajuudessa, jätin vertaamisen tietoisesti pois.

Tietomallien informaation sisältöön vaikuttaa moni eri tekijä. Tämän vuoksi täydellistä ja tyhjentävää vastausta informaation laadusta ja tasosta ei voida antaa ilman, että sitä testataan kunnolla käytännössä. Insinööriyöni tulokset ovat kuitenkin toiminnallisen minimin kannalta yleistettävissä kaikkiin tietomallipohjaisesti toteutettaviin rakennushankkeisiin, joissa tähdätään ylläpitomallin luomiseen. Työnantajani Sweco PM Oy pystyy hyödyntämään työni tuloksia muun muassa seuraavilla tavoilla:

- Tarjotaan tilaajille uutta asiantuntijapalvelua: ylläpitomallin luomista sekä toiminnallisen minimin selvittämistä hankekohtaisesti.
- Työnantaja profiloituu markkinoilla innovatiivisena ja alaa kehittävänä toimijana.
- Toiminnallisen minimin selvittämisen avulla pystytään ohjaamaan suunnittelua tehokkaammin.
- Toiminnallisen minimin selvittäminen kattaa aikaisemmin tuntemattoman alueen siirrettäessä tietomalleja ylläpidon käyttöön.

Tulevaisuudessa tietomallit tulevat olemaan merkittäviä koko rakennushankkeen elinkaaren ajan – aina hankesuunnittelusta käytön ja ylläpidon aikaisiin tehtäviin saakka. Tietomallien käytöllä tullaan saavuttamaan merkittäviä hyötyjä niin kustannuksissa kuin ekologisuudessakin. Tietomallien hyödyntäminen kiinteistön käytön, hoidon ja ylläpidon aikana tuo merkittäviä etuja kiinteistöjen omistajille, kuten kiinteistön tehokkaan käytön helpottuminen, informaation saavutettavuuden parantuminen, elinkaarikustannusten vähentyminen sekä paljon muita merkittäviä hyötyjä.

Lähteet

Artto, Karlos; Martinsuo, Miia & Kujala, Jaakko. 2008. *Projektiliiketoiminta*. 2. painos. Helsinki: WSOY.

Forsblom, Kati. 2013. *Rakennettavuuden arviointi arkkitehti- ja talotekniikkasuunnittelussa*. Aalto-yliopisto, insinööritieteiden korkeakoulu, rakenne- ja rakennustuotantotekniikan koulutusohjelma, rakennetekniikka. Diplomityö.

Järvinen, Tero. 2011. *Yhdistelmämallien teko talotekniikan näkökulmasta*. Tietomalli-blogi 5.2.2011. <<http://tietomalli.blogspot.fi/2011/02/yhdistelmämallien-teko-talotekniikan.html>> Luettu 13.3.2014.

Järvinen, Tero. 2014. Tietomallipäällikkö, Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Helsinki. Kehitystapaaminen 10.6.2014.

Lahti, Hannu. 2014. Projekti-insinööri, Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. Kuopio. Haastattelu 6.8.2014.

Laine, Tuomas. 2008. *Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa*. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Lehtovirta, Verner. 2013. *Hankkeen tietomallit hankevaiheittain –kuvio*. Sweco PM Oy yrittäjäseura.

LVI 00-10473. 2011. LVI2010-nimikkeistö. Rakennustieto Oy.

National Institute of Building Sciences. 2007. *National Building Information Modelling Standard, Version 1 – Part 1: Overview, Principles and Methodologies*. <http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMS1_p1.pdf> Luettu 26.1.2014.

Penttilä, Hannu; Nissinen, Sampsa & Niemioja, Seppo. 2006. *Tuotemallintaminen arkkitehtisuunnittelussa*. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Tietomallinnus. 2014. Verkkodokumentti. Rakennusinsinööriliitto. <<http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>> Luettu 26.1.2014.

Savolainen, Mika. 2014. Huoltokirja-asiantuntija, Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Kuopio. Haastattelu 6.8.2014.

Sabol, Louise. 2013. *BIM technology for FM*. Teoksessa: Sabol, Louise (toim.). *BIM for facility managers*. IFMA, IFMA Foundation. Kanada: John Wiley & Sons, 1–13.

Siikström, Mikko. 2014. Talotekniikka-asiantuntija, Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. Kuopio. Haastattelu 6.8.2014.

ST 70.12. 2010. S2010-nimikkeistö. Sähköinfo Oy.

Teicholz, Paul. 2013. *Introduction*. Teoksessa: Teicholz, Paul (toim.). *BIM for facility managers*. IFMA, IFMA Foundation. Kanada: John Wiley & Sons, 1–13.

Valtonen, Perttu. 2014. Tietomalliasiantuntija, Sweco PM Oy. Helsinki. Haastattelut 15.8. ja 24.9.2014.

YTV osa 1. 2012. RT 10-11066. *Yleinen osuus*. Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

YTV osa 3. 2012. RT 10-11068. *Arkkitehtisuunnittelu*. Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

YTV osa 4. 2012. RT 10-11069. *Talotekninen suunnittelu*. Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

YTV osa 9. 2012. RT 10-11074. *Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä*. Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

YTV osa 11. 2012. RT 10-11076. *Tietomallipohjaisen projektin johtaminen*. Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

YTV osa 12. 2012. RT 10-11077. *Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana*. Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

YTV osa 13. 2012. RT 10-11078. *Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa*. Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

Tietomallin tietosisältö						Hyödyllinen ylläpitoon (1 tarpeeton tieto, 5 oleellinen tieto)				
Kohde:						1	2	3	4	5
S	Sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmät									
	S24	Sähköliitäntäjärjestelmät: järjestelmän päälaite, paloilmaisimet								
		Valmistaja:								X
		Tyyppi (& s-numero):							X	
		Komponenttityyppi:						X		
		Keskustunnus ja ryhmänumero:								X
		IP-luokka:				X				
		Järjestelmä:	Sähkönimikkeistön mukaan							X
	S25	Valaistusjärjestelmät: sisä- ja ulkovalaistus ja vara- ja hätävalaistus								
		Valmistaja:					X			
		Tyyppi (& s-numero):							X	
		Valonlähde (teho):					X			
		Liitintyyppi:				X				
		IP-luokka:				X				
		Järjestelmä:	Sähkönimikkeistön mukaan							X
	S26	Sähkölämmitysjärjestelmät: Sähkölämmityspatterit								
		Valmistaja:				X				
		Tyyppi (& s-numero):				X				
		Teho:				X				
		IP-luokka:				X				
		Järjestelmä:				X				
	S22	Sähköenergian pääjakelu: Pääkeskus, ryhmäkeskus, jakamot ja muuntajat								
		Valmistaja:								X
		Tyyppi (& s-numero):							X	
		IP-luokka:				X				
		Nimellisvirta:	tilaajan ehdotus						X	
		Vaikutusalue:	tilaajan ehdotus							X
T	Tietotekniset järjestelmät									
	T120	Äänentoisto- ja kuulutusjärjestelmä: järjestelmän päälaite								
		Valmistaja:								X
		Tyyppi (& s-numero):							X	
		Teho:					X			
		IP-luokka:				X				
		Järjestelmä:								X
LVI	Perusjärjestelmät									
	21.1	Lämmitysjärjestelmät: keskusosat, pääteosat								
		Valmistaja:								X
		Tyyppi/malli:							X	
		Teho/tilavuusvirta:							X	
		Kytkenä:				X				
		Painehäviö:				X				
		LVI-koodi:				X				
	21.2	Vesi- ja viemärijärjestelmät: vesijohtokalusteet								
		Valmistaja:				X				
		Tyyppi:				X				
		LVI-koodi:				X				
		Tilavuusvirta:				X				
		Normivirtaus:				X				
		Painehäviö:				X				
	21.3	Ilmastointijärjestelmät: keskusosat, pääteosat								
		Valmistaja:								X
		Tyyppi/malli:							X	
		LVI-koodi:				X				
		Ilmavirta:							X	
		Suunniteltu virtaus:								X
		Toteutunut virtaus:								X
		Äänitaso:				X				
	21.4	Jäähdytysjärjestelmät: keskusosat, pääteosat								
		Valmistaja:								X
		Tyyppi/malli:							X	
		LVI-koodi:				X				
		Vaikutusalue:	tilaajan ehdotus							X
	21.5	Palonturvajärjestelmät: keskusosat, pääteosat								
		Valmistaja:								X
		Tyyppi/malli:							X	
		LVI-koodi:				X				